

Voorwoord

Dit afstudeerproject is tot stand gekomen als ondersteunend onderzoek voor het COPD(Chronic Obstructive Pulmonary Disease) -project in het St. Joseph Ziekenhuis te Veldhoven. Het COPD-project van het St. Joseph Ziekenhuis bestaat uit een gerandomiseerde prospectieve studie naar de effectiviteit van een multidisciplinaire en transmurale behandeling van patiënten met COPD ten opzichte van een behandeling met uitsluitend medicatie. Doel van dit afstudeerproject is om de laatste wetenschappelijke inzichten te verzamelen m.b.t. de aanwezigheid van krachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten en de manier waarop deze spierkracht optimaal kan worden verbeterd. Uit de resultaten van het literatuuronderzoek worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot een trainingsprogramma ter verbetering van de perifere spierkracht bij COPD-patiënten.

Dit afstudeerproject had niet tot stand kunnen komen zonder de medewerking van een aantal personen. Ten eerste bedanken we Carel van Wetering, onze opdrachtgever, voor alle medewerking die hij vanuit het St. Joseph Ziekenhuis aan dit afstudeerproject heeft verleend. Wij wensen hem nog veel succes met zijn COPD-project. Ten tweede bedanken we onze methodisch en docentbegeleiders; Annelies Simons, Monica Veeger en Marlies Schillings. Zij zijn tijdens de hele periode van ons afstudeerproject achter ons blijven staan en hebben ons vele onmisbare tips gegeven die tot dit eindproduct hebben geleid. Tenslotte willen wij onze familie en vrienden bedanken voor de steun, die wij van hen gekregen hebben.

Karlijn van Limpt
Simone van Mierlo
Marjolein Nijsen
Menno van Pruijssen

Eindhoven, 12 juni 2001

Samenvatting

Doel en methode

Doel van dit onderzoek was om antwoord te geven op 2 hoofdvragen, namelijk of er sprake is van krachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten en wat de aanbevelingen zijn voor een trainingsprogramma. Om dit doel te bereiken is er naar literatuur gezocht op internet en in diverse bibliotheken.

Conclusies Spierkrachtverlies bij COPD-patiënten

Er is spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Dit is gemeten m.b.v. de JAMAR handdynamometer en de Biodex. Van de JAMAR handdynamometer kan een voorzichtige conclusie getrokken worden dat deze valide en betrouwbaar is. Wat de Biodex betreft kan er voorzichtig gezegd worden dat deze valide en betrouwbaar zijn. Er zijn referentiewaarden van niet-COPD patiënten gevonden.

Conclusies trainingsprincipes bij COPD-patiënten

Spiervezels zijn te onderscheiden in langzame aerobische type I- vezels, en snelle anaerobische type II- vezels. Het aantal type II- vezels in de m. Quadriceps femoris en dan in het bijzonder de m. Vastus lateralis is toegenomen bij COPD-patiënten ten opzichte van het aantal type I- vezels. Vanwege de veranderde vezelsamenstelling in de spieren bij COPD-patiënten en de beperkingen die zij hiervan ondervinden, is geconcludeerd dat duurkrachttraining van perifere spieren bij COPD- patiënten een nuttige aanvulling is op de bestaande therapie. De intensiteit van deze trainingsprogramma's moet zo hoog mogelijk worden ingesteld als de COPD- patiënt kan verdragen.

Summary

Purpose and methods

The purpose of this research was to answer the following questions:

1 Do patients who suffer from Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) also suffer from peripheral muscle weakness?

2 What kind of recommendations for an exercise programme can be given?

To reach this purpose a literature search has been done on the internet and in various libraries.

Conclusions chapter 1

COPD patients suffer from peripheral muscle weakness. This is measured with the help of the JAMAR handdynamometer and the Biodex. A careful conclusion may be drawn that the JAMAR handdynamometer is a valid and reliable measuring-instrument. As far as the Biodex concerns, it is presumed to be valid and reliable. Standard values of healthy subjects have been found.

Conclusions chapter 2

Muscle fibers can be divided into fiber type I and II. Type I fibers are slow twitch fibers and depend mainly on aerobic metabolism. Type II fibers are fast twitch fibers and are based on anaerobic metabolism. A higher percentage of type II fibers is reported in the quadriceps muscle (particularly the m. Vastus lateralis) of COPD patients. Because of the altered fiber composition in muscles of COPD patients and the restrictions that COPD patients experience because of this, the conclusion has been drawn that peripheral endurance muscle training of COPD patients is a useful completion to already existing therapy. The intensity of these exercise programmes must be as high as possible, depending on what each COPD patient can bear.

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	6
INLEIDING	8
HOOFDSTUK 1: ALGEMENE INFORMATIE	9
§ 1.1 Aanleiding	9
§ 1.2 Skeletspiervezels	9
§ 1.3 COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis	9
§ 1.4 Dit afstudeerproject	9
HOOFDSTUK 2: OPZET EN METHODE	11
§ 2.1 Soort onderzoek	11
§ 2.2 Literatuuronderzoek: de bronnen	12
§ 2.3 In- en exclusiecriteria	12
§ 2.4 Verwerking van de literatuur	14
HOOFDSTUK 3: RESULTATEN SPIERKRACHTVERLIES BIJ COPD-PATIËNTEN	15
§ 3.1 De validiteit en betrouwbaarheid van de JAMAR handdynamometer en de Biodex	15
§ 3.2 De referentiewaarden	16
§ 3.3 Perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten	19
HOOFDSTUK 4: TRAININGSPRINCIPES	25
§ 4.1 Spiervezels bij gezonde mensen	25
§ 4.2 Trainingsprincipes bij gezonde personen	26
§ 4.3 Spiervezels bij COPD-patiënten	30
§ 4.4 Spierkracht als behandelbare grootheid bij COPD-patiënten.	32
§ 4.5 Resultaten van trainingsprogramma's bij COPD-patiënten.	34

HOOFDSTUK 5: DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VAN SPIERKRACHTVERLIES BIJ COPD-PATIËNTEN	37
§ 5.1 De validiteit en betrouwbaarheid van de JAMAR handdynamometer en de Biodex	37
§ 5.3 Referentiewaarden	38
§ 5.4 Perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten	39
HOOFDSTUK 6 DISCUSSIE EN CONCLUSIE TRAININGSPRINCIPES	41
§ 6.1 Spiervezels bij COPD-patiënten	41
§ 6.2 Spierkracht als behandelbare grootte bij COPD-patiënten	42
§ 6.3 Aanbevelingen voor een trainingsprogramma	43
HOOFDSTUK 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	46
§ 7.1 Conclusies en aanbevelingen Spierkrachtverlies	46
§ 7.2 Conclusies en aanbevelingen Trainingsprincipes	47
HOOFDSTUK 8 BEPERKINGEN	48
HOOFDSTUK 9 LITERATUURLIJST	49
BIJLAGEN	53
BIJLAGE I FLP-FORMAT	55
BIJLAGE II METHODOLOGISCHE SCORINGSLIJST GEBRUIKTE ARTIKELEN	63

Inleiding

In het kader van het afstuderen voor de opleiding tot fysiotherapeut aan de Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven is er een literatuuronderzoek uitgevoerd in opdracht van het St. Joseph Ziekenhuis te Veldhoven. Fysiotherapeut Carel van Wetering, opdrachtgever van dit afstudeerproject, promoveert op een gerandomiseerde prospectieve studie naar de effectiviteit van een multidisciplinaire en transmurale behandeling van patiënten met COPD ten opzichte van een behandeling met uitsluitend medicatie³². De multidisciplinaire en transmurale behandeling bestaat naast medicatie en (in geval van ondervoeding) voedingstherapie uit een trainingsprogramma. Dit afstudeerproject heeft zich gericht op een gedeelte uit dat trainingsprogramma, namelijk het verbeteren van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten met spierkrachtverlies. Door middel van literatuuronderzoek is getracht een antwoord te vinden op twee hoofdvragen, die weer zijn onderverdeeld in een aantal subvragen;

Is er sprake van krachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten, en zo ja, wat is de mate hiervan?

Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden voor een trainingsprogramma ter verbetering van de spierkracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten.

Het eerste hoofdstuk is een algemeen hoofdstuk. Er wordt achtergrondinformatie gegeven over de aanleiding van het COPD-onderzoek in het St. Josephziekenhuis en over wat de aanleiding is van dit afstudeerproject. In het tweede hoofdstuk wordt de opzet en methode van het literatuuronderzoek beschreven, en wordt verteld hoe de resultaten van het literatuuronderzoek in het eindproduct zijn verwerkt. Hoofdstuk drie beschrijft de resultaten over spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Het hoofdstuk is verdeeld in paragrafen. § 3.1 richt zich op de resultaten over de validiteit en betrouwbaarheid van de meetinstrumenten die gebruikt worden om verlies van perifere spierkracht aan te tonen. In § 3.2 en 3.3 worden respectievelijk de referentiewaarden van de gebruikte meetinstrumenten, en de resultaten over perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten weergegeven.

Hoofdstuk 4 geeft de resultaten weer over trainingsprincipes. Dit hoofdstuk is verdeeld in twee delen. Het eerste deel richt zich op de resultaten over gezonde personen. In § 4.1 en § 4.2 worden de resultaten over respectievelijk de spiervezels, en trainingsprincipes bij gezonde personen weergegeven. In het tweede deel worden de resultaten over COPD-patiënten weergegeven. In § 4.3, § 4.4 en § 4.5 worden respectievelijk de resultaten over spiervezels bij COPD-patiënten, de spierkracht als behandelbare grootheid en de resultaten van een trainingsprogramma bij COPD-patiënten beschreven.

Het vijfde hoofdstuk beschrijft de discussie en conclusies van hoofdstuk 3. In hoofdstuk 6 worden de discussie, conclusies en aanbevelingen over hoofdstuk 4 beschreven. In het zevende hoofdstuk worden de conclusies en belangrijkste aanbevelingen uit beide hoofdstukken nogmaals vermeld. Hoofdstuk acht beschrijft de beperkingen van dit onderzoek. Als laatste kan in hoofdstuk 9 de bronvermelding van de gebruikte literatuur gevonden worden.

Hoofdstuk 1: Algemene informatie

§ 1.1 Aanleiding

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is een verzamelnaam voor een tweetal aandoeningen van de luchtwegen: chronische bronchitis en longemfyseem. Bij COPD-patiënten is de ademhaling belemmerd als gevolg van een irreversibele obstructie in de luchtwegen²⁵. Door de belemmerde ademhaling worden de ademhalingsspieren extra belast. Bij mensen met ernstige COPD wordt 40% van de totale hoeveelheid beschikbare zuurstof gebruikt voor de ademhalingsspieren. Bij gezonde mensen bedraagt dit slechts 5%. Bij COPD-patiënten is er dus 35% minder zuurstof beschikbaar voor andere organen en spieren. Dit zou mogelijk ten koste kunnen gaan van de zuurstoftoevoer naar de perifere skeletspieren³⁸.

§ 1.2 Skeletspiervezels

Skeletspieren bestaan uit twee typen vezels. Ten eerste zijn er langzame type I-vezels, die afhankelijk zijn van aërobe stofwisseling, dat wil zeggen van zuurstof. Ten tweede zijn er snelle type II-vezels, die hun energie onttrekken uit anaërobe processen, dus niet afhankelijk zijn van zuurstof^{29,30,32,34,36}.

De verminderde zuurstoftoevoer zou een verandering in de vezeltypes tot gevolg kunnen hebben. Dit zou vervolgens een aanleiding kunnen zijn voor krachtverlies van perifere skeletspieren. Als blijkt dat de perifere spierkracht is afgenomen bij COPD-patiënten, zou dit mogelijk verbeterd kunnen worden middels een trainingsprogramma gericht op kracht. In het St. Joseph Ziekenhuis gaat men ervan uit dat er sprake is van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Om deze reden gaat men onderzoeken of krachttraining de gewenste verbetering van spierkracht tot gevolg heeft.

§ 1.3 COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis

In het St. Joseph Ziekenhuis is een COPD-project gestart dat zich richt op de toevoeging van onder andere trainingstherapie aan de gebruikelijke medicamenteuze therapie bij COPD-patiënten. Om het effect van de krachttraining te onderzoeken, worden spierkrachtmetingen gedaan bij COPD-patiënten voor en na de trainingsperiode. Deze spierkrachtmetingen worden gedaan met behulp van de Biodex, voor de kracht van de m. Biceps brachii en de m. Quadriceps femoris, en de JAMAR handdynamometer, voor de handknijpkracht³⁵.

§ 1.4 Dit afstudeerproject

Als bijdrage aan het COPD-project is er door studenten literatuuronderzoek gedaan naar de validiteit en betrouwbaarheid van deze meetinstrumenten. In het COPD-project worden de kracht van de m. Biceps brachii, van de m. Quadriceps femoris en de handknijpkracht gebruikt om een beeld te geven van de kracht van de perifere skeletspieren in het algemeen. In dit afstudeerproject wordt een antwoord gezocht op de vraag of de drie spieren die worden getest een goede afspiegeling zijn voor de kracht van alle perifere skeletspieren.

In dit afstudeerproject worden er tevens aanbevelingen gedaan voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van perifere skeletspieren. Er moet gekeken worden of de COPD-patiënt meer baat heeft bij training van duurkracht dan wel van maximaal kracht. Om te kijken of verbetering van perifere spierkracht een behandelbare grootheid is, moet eerst onderzocht worden of er daadwerkelijk spierkrachtverlies is. Daarnaast wordt onderzocht of er als gevolg van krachttraining verbetering optreedt in de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten. Als de kracht van perifere skeletspieren een behandelbare grootheid is, moet er gekeken worden in hoeverre de gangbare trainingsprincipes en –variabelen voor gezonde individuen toepasbaar zijn op COPD-patiënten. Om specifieke aanbevelingen voor een trainingsprogramma voor COPD-patiënten te kunnen geven, is het belangrijk om te kijken naar de effecten van training op de spiervezels. Zoals eerder genoemd treden bij COPD-patiënten mogelijk veranderingen op in de spiervezels.

Hoofdstuk 2: Opzet en methode

§ 2.1 Soort onderzoek

Het onderzoek dat door de studenten is uitgevoerd is een beschrijvend onderzoek. Middels literatuurstudie is er geprobeerd een antwoord te geven op de gestelde hoofd- en subvragen. Reeds geschreven literatuur over het onderzoeksonderwerp is hiervoor bestudeerd.

Onderzoeksvraag

Bij deze opdracht is er gekozen voor twee hoofdvragen en bijbehorende subvragen:

Hoofdvraag 1:

Is er sprake van spierkrachtverlies bij COPD-patiënten, en zo ja, wat is de mate hiervan?

Subvragen:

- 1.1 Geven de handknijpkracht, de spierkracht van de m. Biceps brachii en de spierkracht van de m. Quadriceps femoris een betrouwbaar beeld van de kracht van skeletspieren in het algemeen?
- 1.2 Wat zijn de validiteit en betrouwbaarheid van de drie testen?
- 1.3 Zijn er referentiewaarden beschikbaar van niet-COPD-patiënten van de drie testen? En welke zijn dit dan?
- 1.4 Zijn er referentiewaarden beschikbaar van COPD-patiënten van de drie testen? En welke zijn dit dan?
- 1.5 Is er een significant verschil tussen de referentiewaarden van de drie testen bij niet-COPD-patiënten en de COPD-patiënten?
- 1.6 Is er sprake van krachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?

Hoofdvraag 2:

Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden voor een trainingsprogramma* ter verbetering van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?

Subvragen:

- 2.1 Wat zijn de morfologische en fysiologische eigenschappen van type I- en type II-vezels bij perifere skeletspieren bij niet-COPD-patiënten?
- 2.2 Wat zijn de morfologische en fysiologische eigenschappen van type I- en type II-vezels bij perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?
- 2.3 Zijn type I-vezels in de spier specifiek trainbaar en zo ja, wat zijn de trainingsprincipes met betrekking tot type I-vezels?
- 2.4 Zijn type II-vezels in de spier specifiek trainbaar en zo ja, wat zijn de trainingsprincipes met betrekking tot type II-vezels?
- 2.5 Is de verandering van type I- naar type II-vezels reversibel?
- 2.6 Is de verandering van type II- naar type I-vezels reversibel?
- 2.7 Zijn type I-vezels een fysiotherapeutisch behandelbare structuur?
- 2.8 Zijn type II-vezels een fysiotherapeutisch behandelbare structuur?
- 2.9 Is de spierkracht van de skeletspieren bij COPD-patiënten een fysiotherapeutisch behandelbare structuur?

* In plaats van trainingsprotocol is gekozen voor trainingsprogramma. Bij een protocol liggen de trainingsvariabelen vast, hier wordt slechts gesproken over aanbevelingen.

- 2.10 Wat zijn de aanbevelingen voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van de perifere skeletspieren bij niet-COPD-patiënten?
- 2.11 Wat zijn de aanbevelingen voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?

§ 2.2 Literatuuronderzoek: de bronnen

Keywords

Er is gezocht met behulp van de volgende keywords:

- skeletspieren, handknijpkracht, m. Biceps brachii, m. Quadriceps femoris, referentiewaarden, JAMAR handdynamometer, Biodex, COPD-patiënt, spierkrachtverlies, spierkracht, spieren, krachtsafname, atrofie, skeletal muscle, handgrip, standard testresults, COPD-patient, musclestrength, muscles, strength, atrophy.

Instellingen

Er is gezocht in de volgende instellingen:

- Mediatheek van de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven.
- Medische Bibliotheek van de Universiteit van Utrecht.
- Bibliotheek van het St. Joseph Ziekenhuis te Veldhoven.
- Het Nederlands Instituut voor Wetenschappelijke Informatiediensten.

Databases

De volgende databases/sites zijn bezocht:

- www.paramedisch.org/npi
- www.nl-menu.nl
- www.doc.online.nl
- www.bmn.com
- thorax.bmjournals.com
- ajrccm.atsjournals.org

N.B. In de aangehaalde literatuur van artikelen zijn nieuwe literatuurverwijzingen gevonden.

§ 2.3 In- en exclusiecriteria

De gevonden literatuur werd in eerste instantie beoordeeld op de relevantie. Hiervoor werd eerst gekeken naar de titel en de samenvatting van het artikel. Pas daarna is het volledige artikel gelezen. Literatuur, relevant voor dit onderzoek, moet een van de onderstaande onderwerpen bevatten:

- het meten van kracht (o.a. validiteit en betrouwbaarheid van deze metingen) in het algemeen en bij COPD-patiënten.
- handknijpkracht en krachtmeting van mm. Biceps brachii en Quadriceps femoris in het algemeen en bij COPD-patiënten.
- referentiewaarden van krachtmetingen van handknijpkracht, mm. Biceps brachii en Quadriceps femoris in het algemeen en bij COPD-patiënten.
- krachtverlies bij COPD-patiënten.
- morfologisch en fysiologische eigenschappen van type I- en type II-vezels bij perifere skeletspieren in het algemeen en bij COPD-patiënten.
- training van type I- en type II-vezels

- verschuivingen van type I- naar type II-vezels en reversibiliteit.
- krachttraining van perifere skeletspieren in het algemeen en bij COPD-patiënten.

Vervolgens werden de relevante artikelen beoordeeld op hun methodologische kwaliteit door middel van een opgestelde scoringslijst.

De ontwikkelde scoringslijst is gebaseerd op een lijst uit een systematische literatuurstudie van Bekkering e.a.¹. Hierin wordt gebruik gemaakt van een lijst met tien criteria voor het beoordelen van de methodologische kwaliteit. Voor elk criterium kunnen punten behaald worden; een bepaald aantal punten staat voor een goede methodologische kwaliteit. De tien criteria van Bekkering e.a.¹ zijn voor deze literatuurstudie als leidraad gebruikt. Artikelen waarin een wetenschappelijk onderzoek wordt beschreven worden beoordeeld m.b.v. de volgende criteria:

1. Publicatiedatum: 1990-1995 (½ punt), 1996-2001 (1 punt)
2. Aantal proefpersonen: $n \geq 20$ (½ punt), $n \geq 25$ (1 punt)
3. In- en exclusiecriteria: De in- en exclusiecriteria van het onderzoek moeten worden vernoemd in het artikel (1 punt)
4. Randomisatie: wel gerandomiseerd, randomisatieprocedure niet beschreven (½ punt), gerandomiseerd en randomisatieprocedure beschreven (1 punt)
5. Beginmeetwaarden: de T-0 waarden staan beschreven met hun eenheid (1 punt)
6. Aantal drop-outs: 10-20% (½ punt), <10% (1 punt)
7. Herhaalbaarheid: frequentie, intensiteit en duur van behandelingen staan deels beschreven (½ punt), volledig beschreven (1 punt)
8. Statistiek: gemiddelde en standaarddeviatie staan vermeld (1 punt)

Aan deze scoringslijst zijn nog 2 punten toegevoegd, voor het beoordelen van artikelen waarin een literatuurstudie beschreven wordt. Deze artikelen zijn op de volgende punten beoordeeld:

1. Publicatiedatum: 1990-1995 (½ punt), 1996-2001 (1 punt)
2. Literatuurselectie: selectieprocedure staat beschreven (1 punt)
3. Onderzoeksbeschrijving: geciteerde onderzoeken staan nauwkeurig beschreven (1 punt)

De twee beoordelingslijsten zijn samengevoegd tot een lijst met 10 punten (zie bijlage II).

Een artikel is voldoende van methodologische kwaliteit als de score tenminste 50% van de punten bedraagt (het kan zijn dat niet alle criteria van toepassing zijn). Als twee (of meer) onderzoeken tot andere conclusies komen wordt de meeste waarde gehecht aan het artikel dat het hoogst gescoord heeft. Er is een totaaloverzicht gemaakt van het aantal punten per item dat per artikel gescoord is (zie bijlage II).

§ 2.4 Verwerking van de literatuur

Van de artikelen die voldeden aan de relevantie en van voldoende methodologische kwaliteit waren, is een samenvatting gemaakt. Daarna is er een overzicht gemaakt van de gevonden resultaten en zijn de resultaten geschreven.

In de discussie zijn de resultaten geïnterpreteerd en daarna zijn conclusies getrokken. Conclusies kunnen getrokken worden op basis van minimaal drie kwalitatief goede artikelen of minimaal een vermelding in twee boeken per onderwerp.

Op de subvragen 2.7 en 2.8 is geen antwoord gegeven, omdat wanneer type I- en type II-vezels specifiek trainbaar zijn, dit automatisch fysiotherapeutische behandelbare structuren kunnen zijn. Wanneer deze vezels niet trainbaar zijn, zullen ze ook niet door een fysiotherapeutische behandeling beïnvloed worden.

Hoofdstuk 3: Resultaten spierkrachtverlies bij COPD-patiënten

§ 3.1 De validiteit en betrouwbaarheid van de JAMAR handdynamometer en de Biodex

Het eerste doel van dit afstudeerproject is het aantonen van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Om dit aan te tonen moet de spierkracht gemeten en vergeleken worden met de spierkracht van gezonde personen. Voor het meten van spierkracht zijn meetinstrumenten nodig. Bij het COPD-project, dat wordt uitgevoerd in het St. Joseph Ziekenhuis (zie hoofdstuk 1), wordt gebruikt gemaakt van twee meetinstrumenten. De JAMAR handdynamometer wordt gebruikt voor het meten van de handknijpkracht. De Biodex wordt gebruikt voor het meten van de kracht van de m. Biceps brachii en de m. Quadriceps femoris. Nauwkeurige meetresultaten worden alleen verkregen wanneer een meetinstrument valide en betrouwbaar is. Een meetinstrument is valide, wanneer de meting ook werkelijk meet wat de onderzoeker wil meten (Brinkman, 1983, pag. 33). Betrouwbaarheid heeft betrekking op de kwaliteit van een meetinstrument, waarbij bij herhaald meten dezelfde resultaten bij de proefpersonen worden gevonden (van Buuren e.a.²⁸, 1997, pag. 123).

JAMAR handdynamometer

De JAMAR handdynamometer is een meetinstrument voor de knijpkracht van de hand en bestaat in een standaard (analoge) en in een digitale uitvoering. De betrouwbaarheid tussen de verschillende apparaten is niet aangetoond, daarom moet steeds hetzelfde apparaat worden gebruikt. Onderstaande gegevens betreffen de standaard JAMAR handdynamometer. (Bekkering e.a.²⁵, 1998, pag. 89-90)

In het St. Joseph Ziekenhuis wordt een meetprotocol gebruikt voor de JAMAR handdynamometer: de meter heeft een verstelbare handgreep en wordt ingesteld op de tweede handgrieppositie. De proefpersonen zitten op een stoel, de schouder wordt in adductie en in een neutrale stand ten aanzien van rotatie gehouden. De elleboog is gebogen, de stand van de onderarm is neutraal met de pols tussen 0-30° dorsaalflexie en tussen 0-15° ulnairdeviatie. De proefpersoon krijgt drie pogingen voor elke hand. Men meet zowel links als rechts volgens een gestandaardiseerde testinstructie³⁵.

De JAMAR is een betrouwbaar meetinstrument mits de handdynamometer goed geijkt is. Er wordt aangegeven dat de accuraatheid een afwijking heeft van 3%. Verder wordt er een test-hertest betrouwbaarheid van 0.82 genoemd. Recent aangeschafte JAMAR handdynamometers (in 1993) blijken meer accuraat dan eerder aangeschafte apparaten (in 1984-1987). De JAMAR heeft een hoge interbeoordelaarsbetrouwbaarheid en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid. Het meetprotocol moet gestandaardiseerd worden om betrouwbare waarden te krijgen. Bekkering e.a.²⁵ concludeert dat met behulp van de JAMAR handdynamometer de handknijpkracht betrouwbaar en valide kan worden gemeten, onder voorwaarde dat de procedure gestandaardiseerd is. (Bekkering e.a.²⁵, 1998, pag. 89-90)

Biodex

In het St. Joseph Ziekenhuis wordt er ook een meetprotocol gehanteerd voor de Biodex: de patiënt en de apparatuur worden conform de instructies van de fabrikant gepositioneerd. De patiëntgegevens moeten in de Biodex worden ingevoerd. Het protocol 'isokinetisch 3 speed standard' (60°-180°-300° per seconde). De positie van de stoel moet worden ingevoerd en dan kan gestart worden met de meetprocedure³⁵. Over de validiteit en de betrouwbaarheid van de Biodex is een artikel¹¹ gevonden.

Frisiello e.a. (1994)¹¹ hebben de test-hertest betrouwbaarheid van de excentrische piekbelasting waarden voor de mediale en laterale schouderrotatie bestudeerd, met behulp van de Biodex isokinetische dynamometer.

Er zijn 18 gezonde mannelijke -en vrouwelijke vrijwilligers, tussen de 18 en 30 jaar, zonder eerdere schouderklachten onderzocht. De personen werden bi-lateraal getest op de excentrische glenohumerale mediale rotatie (MR) en de laterale rotatie (LR) met een snelheid van 90 en 120 graden per seconde. Er was geen sprake van enige schouderrotatie. Na 7 dagen volgde een hertest gebruikmakend van het identieke, originele protocol. De test-hertest-resultaten tonen: een dominante LR bij 90 graden/sec, $r = 0,86$, en bij 120 graden/sec, $r = 0,83$; een dominante MR bij 90 graden/sec, $r = 0,76$, en bij 120 graden/sec, $r = 0,77$; een niet dominante LR bij 90 graden/sec, $r = 0,76$, en bij 120 graden/sec, $r = 0,77$; een niet dominante MR bij 90 graden/sec, $r = 0,75$, en bij 120 graden/sec, $r = 0,83$. De conclusie van Frisiello e.a.¹¹ is dat de isokinetische excentrische manier van meten met de Biodex betrouwbaar is voor de test-hertest meting van de piekbelasting.

§ 3.2 De referentiewaarden

Aan meetresultaten kan alleen een conclusie verbonden worden, wanneer deze vergeleken worden met andere waarden. Dit kan door dezelfde testen te doen bij een controlegroep. Ook zou gebruik gemaakt kunnen worden van referentiewaarden. Referentiewaarden zijn gemiddelde waarden verkregen door grootschalig onderzoek. Deze waarden kunnen gebruikt worden als vergelijkingsmateriaal. Wanneer van een bepaalde test referentiewaarden bestaan, hoeft geen controlegroep gebruikt te worden. Hieronder staan de resultaten weergegeven van de literatuurstudie naar referentiewaarden van de handknijpkracht gemeten met de JAMAR handdynamometer en de referentiewaarden van de kracht van de m. Biceps brachii en m. Quadriceps femoris.

De waarden in figuur 3.1 zijn gemeten met een standaard JAMAR handdynamometer met een verstelbare handgreep. Om de meting te standaardiseren is voor iedereen de meter ingesteld op de tweede handgreeppositie. De proefpersonen zitten op een stoel. De schouder wordt in adductie en in een neutrale stand ten aanzien van rotatie gehouden. De elleboog is 90 graden gebogen. De stand van de onderarm is neutraal, met de pols tussen 0-30 graden dorsaalflexie en tussen 0-15 graden ulnaire deviatie. (Bekker²⁵, 1998, bijlage 1b)

Leeftijd	Hand	Mannen Gem. $\pm$ SD (kg)	Vrouwen Gem. $\pm$ SD (kg)
40-44	R	53.0 $\pm$ 9.4	31.9 $\pm$ 6.1
	L	51.1 $\pm$ 8.5	28.3 $\pm$ 6.3
45-49	R	49.9 $\pm$ 10.4	28.2 $\pm$ 6.8
	L	45.7 $\pm$ 10.3	25.4 $\pm$ 5.8
50-54	R	51.5 $\pm$ 8,2	29.8 $\pm$ 5.3
	L	46.4 $\pm$ 7,7	26.0 $\pm$ 4.9
55-59	R	45.9 $\pm$ 12.1	26.0 $\pm$ 5.7
	L	37.7 $\pm$ 10.6	21.5 $\pm$ 5.4
60-64	R	40.7 $\pm$ 9.3	25.0 $\pm$ 4.6
	L	34.8 $\pm$ 9.2	20.7 $\pm$ 4.6
65-69	R	41.3 $\pm$ 9.3	22.5 $\pm$ 4.4
	L	34.8 $\pm$ 8.9	18.6 $\pm$ 3.7
70-74	R	34.1 $\pm$ 9.8	22.5 $\pm$ 5.3
	L	29.4 $\pm$ 8.2	18.8 $\pm$ 4.6
75+	R	29.8 $\pm$ 9.5	19.3 $\pm$ 5.0
	L	24.9 $\pm$ 7.7	17.1 $\pm$ 4.0

Figuur 3.1: de referentiewaarden van de handknijpkracht bij gezonde mensen, in kilogrammen (kg). De waarden zijn omgerekend van pounds in kilgogrammen (1 pound = 0.4536 kg). Gem. staat voor gemiddelde. SD staat voor standaarddeviatie. Bekkering e.a.²⁵, 1998, bijlage 1b)

Gilbertson e.a. (1994)¹² hebben onderzoek gedaan naar de referentiewaarden voor handknijpkracht van volwassenen in de leeftijd van 15-92 jaar, door gebruik te maken van vier verschillende apparaten die de handknijpkracht meten. Hiervoor werden 260 vrijwilligers geselecteerd (130 mannelijke, 130 vrouwelijke) in de leeftijd van 15-92 jaar. De deelnemers werden verdeeld over dertien groepen van dezelfde leeftijd, met intervallen van 5 jaar, met als oudste de 75+ groep. De knijpkracht werd gemeten met een JAMAR handdynamometer. Er werd geïnstrueerd om drie krachtige gecontroleerde contracties te maken. Elke meting duurde 15 seconden. De drie opeenvolgende maximale scores werden genoteerd en het gemiddelde werd berekend voor elke uitgangshouding (zie figuur 3.2).

Leeftijd	Hand	Mannen Gem. $\pm$ SD (kg)	Vrouwen Gem. $\pm$ SD (kg)
15-19	R	46.91 $\pm$ 8.21	28.82 $\pm$ 3.76
	L	42.13 $\pm$ 5.54	24.98 $\pm$ 3.89
20-24	R	48.15 $\pm$ 8.21	28.33 $\pm$ 5.93
	L	43.08 $\pm$ 8.02	25.78 $\pm$ 5.64
25-29	R	53.76 $\pm$ 9.41	33.82 $\pm$ 3.00
	L	48.60 $\pm$ 10.94	30.31 $\pm$ 2.71
30-34	R	52.63 $\pm$ 6.43	33.97 $\pm$ 4.91
	L	48.98 $\pm$ 7.33	31.64 $\pm$ 3.96
35-39	R	53.16 $\pm$ 7.61	32.46 $\pm$ 4.38
	L	51.75 $\pm$ 5.39	29.77 $\pm$ 3.48
40-44	R	55.49 $\pm$ 4.65	30.34 $\pm$ 5.41
	L	50.40 $\pm$ 5.40	26.23 $\pm$ 5.00
45-49	R	49.93 $\pm$ 7.44	35.30 $\pm$ 4.88
	L	48.94 $\pm$ 8.38	32.06 $\pm$ 4.25
50-54	R	48.40 $\pm$ 5.04	28.37 $\pm$ 4.20
	L	41.46 $\pm$ 4.53	26.28 $\pm$ 5.50
55-59	R	45.71 $\pm$ 5.57	29.76 $\pm$ 6.16
	L	42.16 $\pm$ 5.26	27.81 $\pm$ 5.23
60-64	R	40.59 $\pm$ 3.28	26.35 $\pm$ 3.45
	L	37.25 $\pm$ 3.46	23.47 $\pm$ 4.68
65-69	R	40.87 $\pm$ 6.12	23.60 $\pm$ 5.15
	L	36.57 $\pm$ 4.97	23.38 $\pm$ 3.63
70-74	R	37.48 $\pm$ 6.73	25.84 $\pm$ 5.27
	L	35.49 $\pm$ 5.58	22.92 $\pm$ 5.84
75+	R	32.76 $\pm$ 5.77	19.40 $\pm$ 4.54
	L	28.59 $\pm$ 6.22	17.64 $\pm$ 4.67

Figuur 3.2: De referentiewaarden van de handknijpkracht gemeten bij gezonde mensen, in kilogrammen (kg) weergegeven. Gem. staat voor gemiddelde. SD staat voor standaarddeviatie. Gilbertson e.a.¹²

Voor de referentiewaarden van de Biodex is er een tabel met referentiewaarden van de fabrikant van de Biodex gebruikt. Hierin staan onder andere de referentiewaarden van de kracht van de m. Quadriceps en de m. Biceps brachii⁴. De gegevens die voor dit onderzoek nodig waren, zijn uit de grote tabel gehaald, en in figuur 3.3 weergegeven. In de tabel van de fabrikant van de Biodex zijn de leeftijden van de geteste personen niet weergegeven.

Gewricht beweging	Snelheid, graad/seconden	Peak torque/ Bodyweight-range Nm	
		Man	Vrouw
Knie extensie	60	256/343	238/83
	180	173/224	149/194
	300	119/164	89/134
Elleboog flexie	60	63/83	60/78
	120	63/83	101/134

Figuur 3.3: De referentiewaarden van de kracht van de m. Quadriceps femoris en de m. Biceps brachii, gemeten met de Biodex, bij gezonde mensen weergegeven in Newtonmeter (Nm) bij verschillen snelheden van bewegen. Met 'Peak torque/ Bodyweight-range' wordt bedoeld de hoogste musculaire kracht gemeten op het traject. Biodex⁴

§ 3.3 Perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten

Om aan te tonen of er sprake is van perifeer spierkrachtverlies wordt bij het COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis gebruik gemaakt van de JAMAR handdynamometer en de Biodex. Deze meetinstrumenten zijn niet teruggevonden in de literatuur over perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Er is echter wel veel onderzoek gedaan naar perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten, maar er wordt gebruik gemaakt van andere meetinstrumenten. De gevonden resultaten staan hieronder weergegeven.

Hamilton e.a. (1995)¹⁶ hebben een onderzoek gedaan met verschillende doelen. Ten eerste wordt de kracht vergeleken van de ademhalingsspieren en perifere skeletspieren en de maximale arbeidscapaciteit tussen gezonde proefpersonen en patiënten met cardiorespiratoire aandoeningen. Ten tweede wordt de bijdrage van de knie-extensie kracht aan arbeidscapaciteit bij gezonde proefpersonen en patiënten met cardiorespiratoire aandoeningen onderzocht. Als derde wordt de intensiteit van prestaties van de onderste extremiteit tijdens inspanning onderzocht. Het laatste doel van dit onderzoek is het onderzoeken van de bijdrage van de kracht van de ademhalingsspieren aan de intensiteit van dijspieren tijdens inspanning. Er werden in totaal 1704 mensen getest, hiervan zaten er 919 van in de normaalgroep, en 785 in de longgroep. In deze laatste groep zaten mensen met een verminderde FEV₁^{*}, niet zozeer COPD-patiënten. Een FEV₁ < 80% was tevens ook het enige criterium. De schouderspieren werden gemeten met behulp van de "seated press", de "seated row". De knie-flexie en de knie-extensie werden gemeten. In figuur 3.4 zijn de resultaten weergegeven.

Hamilton e.a.¹⁶ concluderen dat de respiratoire en perifere spieren allebei in kracht afnemen. Verder tonen ze aan dat wanneer de extensie kracht van de knie afneemt, dit een negatieve invloed heeft op de maximale arbeidscapaciteit. Respiratoir beperkte patiënten hebben minder perifere en respiratoire spierkracht dan gezonde personen.

^{*} FEV₁: de zogenaamde 1 seconde waarde (Forced Expiratory Volume in one second). Het FEV₁ meet het volume dat wordt uitgeblazen in de eerste seconde van een maximaal krachtige uitademing na een maximale inspiratie³⁷.

Gewricht, beweging	Normaalgroep Gem. $\pm$ SD (kg)	Longgroep Gem. $\pm$ SD (kg)
Knie, extensie	49.9 $\pm$ 20.9 kg	40.9 $\pm$ 19.9 kg
Knie, flexie	28.1 $\pm$ 13.1 kg	22.6 $\pm$ 11.1 kg
Schouder, seated press	56.9 $\pm$ 25.4 kg	48.6 $\pm$ 22.9 kg
Schouder, seated row	48.4 $\pm$ 19.0 kg	42.0 $\pm$ 18.5 kg

Figuur 3.4: resultaten weergegeven van het onderzoek van Hamilton e.a.¹⁶. Kracht van proefpersonen uit de normaal groep, weergegeven in kilogrammen (kg), vergeleken met de kracht van proefpersonen in de longgroep.

Bernard e.a.(1998)³ hebben onderzoek gedaan naar de relatie tussen spierkracht en de dwarsdoorsnede van die spier, de afname van perifere spierkracht en de relatie tussen perifere skeletspierzwakte en de mate van ernst van de longaandoening. Om dit te onderzoeken werden 34 mannelijke COPD-patiënten geselecteerd op basis van rookgedrag in het verleden en op basis van pulmonaire functietesten, die irreversibele bronchiale obstructie lieten zien. Dertien gezonde mannelijke niet-rokers van dezelfde leeftijd werden geselecteerd voor de controlegroep. Dertien patiënten kregen tijdens het 6 maanden durende onderzoek corticosteroïden toegediend. Met behulp van gecomputeriseerde tomografie (CT) werden dwarsdoorsneden van de rechter dij gemaakt. Daarnaast werd ook de kracht van de m. Quadriceps femoris, m. Pectoralis major en de m. Latissimus dorsi gemeten. Er werd ook een inspanningstest met behulp van een fietsergometer afgenomen. De kracht van de drie verschillende spiergroepen was aanzienlijk lager in de COPD-groep vergeleken met de controlegroep. De gemiddelde waarden voor de kracht van de m. Quadriceps femoris, m. Pectoralis major en de m. Latissimus dorsi waren respectievelijk 80 ± 16 versus 58 ± 15 kg, 76 ± 17 versus kg voor gezonde proefpersonen, en respectievelijk 64 ± 13 versus 62 ± 11 versus 52 ± 11 kg voor COPD-patiënten ($p < 0.005$). De dwarsdoorsneden waren aanzienlijk afgenomen in de COPD-groep. De spierkracht en de dwarsdoorsneden van de m. Pectoralis major en de m. Latissimus dorsi waren niet significant verschillend tussen patiënten die geen, en patiënten die wel corticosteroïden ontvingen. De kracht van de m. Quadriceps femoris was significant lager bij patiënten die wel corticosteroïden gebruikten, vergeleken met patiënten die dit niet deden ($p > 0.05$). Als er alleen gekeken wordt naar de 21 patiënten die geen corticosteroïden kregen (50 ± 16 versus 63 ± 13 kg, $p < 0.05$) werd er een afname in spierkracht van de drie spiergroepen en in de dwarsdoorsneden van de spiergroepen gevonden. Vergeleken met normale proefpersonen, was de kracht van de drie spiergroepen ($p < 0.05$) en de dwarsdoorsneden verminderd in de COPD groep. De afname in de kracht van de m. Quadriceps femoris en de dwarsdoorsnede van deze spier waren proportioneel meer dan die van de schoudergordelmusculatuur ($p < 0.05$). Gelijke observaties zijn gemaakt bij patiënten die wel en patiënten die geen corticosteroïden gebruikten, alhoewel de m. Quadriceps femoris de neiging heeft, wat kracht en dwarsdoorsnede betreft, meer te verminderen bij patiënten die wel corticosteroïden gebruikten. De resultaten staan weergegeven in figuur 3.5.

Uit deze resultaten concluderen Bernard e.a.³ dat de verhouding tussen de kracht en de dwarsdoorsnede bij beide groepen gelijk is. Dit wil zeggen dat met de kracht in gelijke mate de dwarsdoorsnede afneemt. Het verlies van spiermassa is in proportie met het verlies in kracht.

Spieren	Controle gem. kracht (kg)	COPD gem. kracht (kg)
Quadriceps femoris	80 ± 16	64 ± 13
Pectoralis major	58 ± 15	62 ± 11
Latissimus dorsi	76 ± 17	52 ± 11

Figuur 3.5: Resultaten weergegeven van het onderzoek van Bernard e.a.³. De kracht van de spieren in kilogrammen (kg) bij COPD-patiënten en bij de controlegroep.

O'Donnel e.a. (1998)²¹ onderzochten de kracht en het uithoudingsvermogen van ademhalings- en perifere skeletspieren bij patiënten met chronische luchtstroombeperking. Ze selecteerden hiervoor 20 patiënten met stabiele, ernstige chronische luchtstroombeperking, een ziektebeeld vergelijkbaar met chronische bronchitis en/of longemfyseem en een lange geschiedenis van sigarettengebruik. Na 6 weken zonder interventie ondergingen de patiënten een longrevalidatieprogramma van eveneens 6 weken. In de trainingsperiode kwamen de patiënten 3 keer per week trainen gedurende 2½ uur. De training bestond uit oefeningen voor zowel bovenste als onderste extremiteiten zoals lopen, traplopen, arm-ergometrie, fietsen en lopende band. De intensiteit was zo hoog mogelijk, uitgaande van een maximaal verdraagbare ademloosheid volgens de Borgschaal*. Bij 0, 6 en 12 weken werden de patiënten getest op longfunctie, kracht en uithoudingsvermogen van de ademhalingsspieren, kracht en uithoudingsvermogen van de perifere skeletspieren en fysiologische reacties op inspanning. Voor aanvang van het trainingsprogramma was de spierkracht van de m. Quadriceps femoris significant verminderd ($51 \pm 5\%$) ten opzichte van referentiewaarden. Na de training was de kracht toegenomen met $21 \pm 5\%$ ($p < 0.01$). Uithoudingsvermogen van de m. Quadriceps femoris, handknijpkracht en uithoudingsvermogen namen niet toe. Als gevolg van de training namen de volgende variabelen wel toe: uithoudingsvermogen op de fietsergometer $43 \pm 10\%$ ($p < 0.001$), 6MWD $34 \pm 9\%$ ($p < 0.0005$), uithoudingsvermogen op de lopende band $40 \pm 8\%$ ($p < 0.0005$) en uithoudingsvermogen van de bovenste extremiteit op de arm-ergometer $12 \pm 5\%$ ($p < 0.05$).

Uit deze resultaten concluderen O'Donnel e.a.²¹ dat een niet specifiek trainingsprogramma gericht op uithoudingsvermogen, de spierfunctie van ademhaling- en perifere spieren bij patiënten met ernstige chronische luchtwegobstructie verbeterde; maar zulke verbeteringen bleken niet bij te dragen aan de afname van de kortademigheid tijdens inspanning of verhoogde inspanningstolerantie. Algemene training gericht op uithoudingsvermogen verbetert respiratoire- en perifere skeletspierkracht en uithoudingsvermogen bij patiënten met ernstige chronische luchtwegobstructie.

Serres e.a. (1998)²³ hebben onderzocht of de maximale kracht en de duurkracht van skeletspieren is afgenomen bij patiënten met COPD, in vergelijking met gezonde proefpersonen. Ook onderzochten ze of het niveau van lichamelijke activiteit, lichaamssamenstelling en longfunctie gerelateerd zijn aan het functioneren van de skeletspieren bij COPD-patiënten. De proefpersonen waren 17 mannelijke COPD-patiënten (leeftijd 62) met een matige tot ernstige luchtwegobstructie, die poliklinisch behandeld werden en 8 gezonde mannen van dezelfde leeftijd. Alle patiënten ontvingen medicatie, inclusief bronchodilators en corticosteroiden. Onderzocht werden de maximale kracht en de duurkracht van de m. Quadriceps, met behulp van een oefenbank. De maximale kracht werd gemeten met een dynamometer, met de proefpersoon zittend in 90° heup- en knie flexie. Er

* Borgschaal: een subjectieve index voor vermoeidheid van de patiënt of zijn reactie op activiteiten.. Op een schaal van 6 tot 20 geven patiënten aan welke mate van vermoeidheid en eventuele dyspneu, zij ervaren tijdens een bepaalde belasting. (de Groof³¹, 2001, pag.28)

werden drie korte (4 sec.) maximale contracties gemaakt. De hoogste van de drie contracties werd gedefinieerd als de maximale kracht. De duurkracht van de m. Quadriceps werd daarna getest op dezelfde oefenbank. Dit kwam overeen op 20% van de maximale kracht, het tempo werd aangegeven door audio signalen en men ging door tot uitputting. Verder is er voor de lichamelijke activiteit (LA) een vragenlijst ingevuld. De FEV₁ (zie § 3.3) werd gemeten en de lichaamssamenstelling werd onderzocht. De symptomatisch-gelimiteerde zuurstofopname (VO_{2sl}) werd ook getest bij de COPD-patiënten, dit gebeurde met behulp van de maximale trainingstest op de fietsergometer. De resultaten laten zien dat de duurkracht- en de LA-scores significant waren afgenomen bij COPD-patiënten ($p < 0,05$). Significante positieve correlaties waren gevonden in de COPD-groep tussen de duurkracht en de LA-score ($r = 0,60$; $p < 0,05$), FEV₁ ($r = 0,52$; $p < 0,05$). Dezelfde resultaten waren gevonden tussen de LA-score en de VO_{2sl} ($r = 0,57$; $p < 0,05$) en FEV₁ ($r = 0,63$; $p < 0,05$). Serres e.a.²³ concluderen dat deze bevindingen wijzen op een verminderde duurkracht van skeletspieren bij COPD-patiënten.

Casaburi (2000)⁶ beschrijft in een reviewartikel dat er bij COPD-patiënten meerdere organen en systemen betrokken en/of aangedaan zijn. In het bijzonder is er toenemend bewijs dat perifere skeletspieren niet normaal functioneren en dat de kracht van deze spieren is afgenomen. Deze dysfunctie draagt bij aan inspanningsintolerantie*. Dit is meestal de grootste klacht van de COPD-patiënt.

Engelen e.a. (2000)⁹ hebben een studie gedaan met als doel te bepalen of vaststelling van vetvrije massa van het hele lichaam een goede reflectie geeft van de vetvrije massa van de extremiteiten. Dit is gedaan bij zowel patiënten met chronische bronchitis en emfyseem als bij gezonde proefpersonen. Een tweede doel was om de functie van de skeletspieren tussen de drie groepen te vergelijken. Tevens werd gekeken of eventuele veranderingen gerelateerd zijn aan veranderingen van de vetvrije massa van het hele lichaam en van de extremiteiten en de mate van luchtwegobstructie, of beiden. Hiervoor werden 50 patiënten met chronische bronchitis, 49 patiënten met emfyseem en 28 gezonde proefpersonen geselecteerd. Er werden krachttesten afgenomen van de handknijpkracht en de m. Quadriceps femoris. Ook werden er pulmonaire functietesten afgenomen. De isometrische skeletspierkracht van de bovenste en onderste extremiteiten waren significant lager in de twee COPD-subgroepen dan bij de gezonde groep ($p < 0.001$). Tussen de twee subgroepen was geen significant verschil. Uitgedrukt als een percentage van de waarden van de gezonde onderzochte proefpersonen was de handknijpkracht $82 \pm 24\%$ in de chronische bronchitis groep en $79 \pm 23\%$ in de emfyseemgroep; de kracht van de onderste extremiteit was $80 \pm 23\%$ in de chronische bronchitis groep en $80 \pm 24\%$ in de emfyseemgroep. Als de handknijpkracht en de kracht van de onderste extremiteit werden uitgedrukt per kilogram vetvrije massa van de extremiteiten, werden geen veranderingen gevonden tussen de drie groepen.

Uit deze resultaten worden door Engelen e.a.⁹ geconcludeerd dat spierkrachtverlies is geassocieerd met vermindering van de vetvrije massa in de extremiteiten en is onafhankelijk van de ernst van luchtwegobstructie.

Gosselink e.a (2000)¹⁴ hebben geprobeerd de mate van afname van spierkracht van de ademhalings- en perifere spieren vast te stellen bij patiënten met gemiddeld tot ernstige COPD. De kracht van de ademhaling- en perifere spieren werd gekwantificeerd bij 22 gezonde, oudere proefpersonen, en 40 COPD-patiënten, die deelnamen aan een pulmonair revalidatieprogramma. Longfuncties werden gemeten met behulp van spirometrie. Verder

* inspanningsintolerantie: onvermogen om inspanning te verdragen²⁹.

werden maximale kracht van de inademing ($P_{i_{max}}$) en van de uitademing ($P_{e_{max}}$), isometrische nekflexiekracht en handknijpkracht gemeten. In figuur 3.6 zijn de resultaten weergegeven.

Uit de huidige studie blijkt dat perifere- en ademhalingspierkracht zijn afgenomen, en dat inspiratie spierkracht meer was aangedaan dan expiratie- en perifere spierkracht. Perifere spierkracht van verschillende spiergroepen lieten geen tot gemiddeld correlaties zien. Perifere spierkracht was gerelateerd aan de kracht van de expiratie spierkracht, maar niet aan de inspiratiespierkracht. De kracht van de proximale spieren van de bovenste extremiteit was meer aangedaan dan de kracht van meer distale armspieren.

Uit deze resultaten concluderen Gosselink e.a.¹⁴ dat spierkracht bij patiënten met een stabiele vorm van COPD afneemt, maar dat de kracht niet in alle spiergroepen evenveel afneemt. De proximale musculatuur van de bovenste extremiteit was meer verminderd dan de kracht van de distale musculatuur van de bovenste extremiteit. Ook concludeerden ze dat de kracht van de inspiratiemusculatuur meer is aangedaan dan perifere spierkracht.

Gewricht, beweging	Controlegroep	COPD-groep
Nek, flexie	180 ± 56 N	144 ± 39 N
Handknijpkracht	466 ± 103 N	366 ± 107 N
Elleboog, flexie	261 ± 55 N	196 ± 52 N
Schouder, abductie	224 ± 46 N	151 ± 45 N
Knies, extensie	360 ± 78 N	257 ± 76 N

Figuur 3.6: resultaten weergegeven van het onderzoek van Gosselink e.a.¹⁴. Spierkracht weergegeven in Newton (N) gemeten bij de controlegroep en de COPD-groep.

Heuts (2000)³² heeft in een reviewartikel onderzoek gedaan naar de effecten van COPD en Chronic Heart Failure (CHF) op de inspanningstolerantie, de maximale spierkracht en de duurkracht van de spieren. De maximale spierkracht en de duurkracht zijn onderzocht middels isokinetische spiertesten met een angulaire snelheid van 90° per sec en 180° per sec. De perifere spierkracht van de onderste extremiteit was significant afgenomen bij zowel CHF, als COPD-patiënten. De duurkracht van de spieren van de bovenste extremiteit, was significant afgenomen bij patiënten met CHF. De duurkracht, gemeten over de spieren van de onderste extremiteit, was bij beide angulaire snelheden significant afgenomen bij COPD-patiënten. Bij CHF-patiënten was dit enkel bij een angulaire snelheid van 180° per sec. De inspanningstolerantie correleert significant met de maximale spierkracht in alle bestudeerde groepen. Er werd geen significante correlatie gevonden tussen de inspanningstolerantie en de duurkracht van de spieren.

Uit deze resultaten concludeert Heuts³² dat COPD- en CHF-patiënten lijden aan een afgenomen inspanningstolerantie, spierzwakte en een afgenomen duurkracht van spieren. De maximale spierkracht en niet de duurkracht van de spier, is de belangrijkste beslissende factor van de inspanningstolerantie bij COPD- en CHF-patiënten en de gezonde controlegroep.

In een reviewartikel zeggen Maltais e.a. (2000)²⁰ dat perifere spierzwakte een belangrijke consequentie is van COPD, met een totaal geschatte waarde van 30%. Bij COPD-patiënten wordt verlies van spiermassa geassocieerd met spierzwakte en gebrek aan beweging. Bij patiënten met matige tot ernstige luchtwegobstructie is de kracht van de m. Quadriceps femoris afgenomen met ± 30%. De kracht van de m. Quadriceps femoris is een belangrijke factor voor de hoeveelheid beweging die een COPD-patiënt aankan. De vraag of spierzwakte enkel de consequentie is van spieratrofie, een verstoring in de spiercontractie of van neurologische aard is, moet nog beantwoord worden. Alhoewel deze observatie suggereert dat

spierzwakte het resultaat is van spieratrofie, kan de spierzwakte gepaard gaan met buitengewoon abnormaal spierkrachtverlies bij patiënten die systematisch corticosteroiden gebruiken. Niet alle perifere spieren worden in dezelfde mate aangetast bij COPD-patiënten. De kracht van de spieren van de bovenste extremiteit blijft relatief goed bewaard in vergelijking met die van de onderste extremiteit. De onderste extremiteit heeft een lage capaciteit voor aërobe stofwisseling en heeft tevens een toegenomen ontvankelijkheid voor vermoeidheid.

Hoofdstuk 4: Trainingsprincipes

§ 4.1 Spiervezels bij gezonde mensen

Een tweede doel van het afstudeerproject is aanbevelingen doen voor een trainingsprogramma ter verbetering van perifere spierkracht. De kracht die door een spier geleverd kan worden is afhankelijk van het aantal spiervezels dat meedoet aan de contractie (Bernards e.a.²⁷, 1994, pag. 70). Als er sprake is van perifere spierkrachtverlies bij COPD-patiënten, kan het zijn dat morfologische en fysiologische veranderingen in de spiervezels hieraan bijdragen. Om dit aan te tonen wordt eerst een inleiding gegeven over de morfologische en fysiologische eigenschappen van spiervezels bij gezonde mensen.

In een skeletspier zijn verschillende types spiervezels te vinden. Ze zijn te verdelen in langzame en snelle spiervezels. De meest opvallende eigenschap waarin deze spiervezels zich van elkaar onderscheiden is de contractiesnelheid. De type I-vezel is een langzame vezel en wordt ook wel slow-twitch genoemd. De type I-vezels hebben 80 tot 100 ms nodig om de maximale kracht op te bouwen. De snelle type II-vezels worden ook wel fast-twitch vezels genoemd en hebben maar 40 ms nodig om de kracht op te bouwen. De verschillen in contractiesnelheid tussen de vezeltypen zijn gerelateerd aan structurele verschillen. De innervatie van type I-vezels gebeurt door α_2 -motoneuronen. Deze hebben wel een lagere prikkel drempel, maar zijn dunner en geleiden daarom ook langzamer dan de α_1 -motoneuronen die de innervatie van type II-vezels verzorgen. (van Gestel³⁰, 1997, pag. 63)

De type I-vezels maken gebruik van de aërobe stofwisseling, waarvoor zuurstof nodig is. Hiermee hangt samen dat ze veel myoglobine bevatten. Myoglobine is een stof die zuurstof aan zich bindt en geeft de vezel een rode kleur. Type I-vezels worden daarom ook wel rode spiervezels genoemd. ATP-ase is een stof die ATP splitst om energie vrij te maken. Dit gebeurt bij type I-vezels minder snel. In de type I-vezels zijn veel mitochondria aanwezig. In de mitochondria vindt de aërobe stofwisseling plaats. Ook is in deze spiervezels de capillaire dichtheid hoog. Capillairen zijn kleine bloedvaatjes, die zorgen voor de toevoer van voedingsstoffen en zuurstof. Door bovengenoemde eigenschappen van de type I-vezels zijn ze niet snel vermoeid en zijn ze uitermate geschikt voor langdurige activiteiten. Ze zijn niet geschikt om via de anaërobe weg (zonder zuurstof) energie vrij te maken. De vezels zijn veel dunner dan type II-vezels, waardoor ze minder kracht kunnen ontwikkelen.

(Fox²⁹, 1995, pag. 85, 87; van Gestel³⁰, 1997, pag. 81-82; Marieb³³, 1995, pag. 272-273; McArdle³³, 1991 pag. 359-360; Rhoades³⁶, 1992, pag. 570)

De snelle type II-vezels zijn onder te verdelen in type IIa- en type IIb- vezels. Type IIa komt qua stofwisselingseigenschappen in grote mate overeen met de type I-vezel maar is toch een snelle vezel. De type IIb-vezel is een typische snelle vezel, die op de anaërobe manier zijn energie vrijmaakt. Omdat de type II-vezels weinig myoglobine bevatten, worden ze ook wel witte vezels genoemd. Het enzym ATP-ase maakt snel ATP vrij. Met name de type IIb-vezels zijn niet geschikt om door middel van de aërobe stofwisseling in hun energievoorziening te voorzien. De aërobe capaciteiten van type IIa-vezels zijn beter ontwikkeld. Doordat de stofwisseling bij type II-vezels anaëroob verloopt bevatten zij niet veel mitochondria en capillairen. In type II-vezels treedt snel vermoeidheid op door de snelle vorming van melkzuur. Bij type IIb-vezels gebeurt dit eerder dan bij type IIa-vezels. De diameter van type II-vezels in het algemeen is twee keer zo groot dan van type I-vezels waardoor type II-vezels

veel kracht kunnen leveren. Type IIa-vezels hebben een hogere ATP-ase activiteit dan type I-vezels en kunnen daardoor sneller contraheren en ontspannen. Ze zijn geschikt voor activiteiten met een matige inspanning, die het uithoudingsvermogen aanspreken. Type IIb-vezels hebben weer een hogere ATP-ase activiteit dan type IIa-vezels. Deze vezels kunnen snel contraheren en relaxeren. Hierdoor zijn ze geschikt voor snelle, kortdurende inspanningen met een hoge intensiteit, zoals bijvoorbeeld een sprint.

In figuur 5.1 worden de belangrijkste eigenschappen van de spiervezels nog een keer op een rij gezet.

(Fox²⁹, 1995, pag. 85, 87; van Gestel³⁰, 1997, pag. 81; Marieb³³, 1995, pag. 272-273; McArdle³⁴, 1991 pag. 359-360; Rhoades³⁶, 1992, pag. 569-570)

De meeste spieren bevatten een mix van type I- en type II-vezels. Dit is per persoon verschillend en genetisch bepaald.

(van Gestel³⁰, 1997, pag. 118; Marieb³³, 1995, pag. 274)

Kenmerk	Type I-vezel	Type IIa-vezel	Type IIb-vezel
Metabole eigenschappen			
Contractiesnelheid	Langzaam	Snel	Snel
Krachtontwikkeling	Laag	Gematigd	Hoog
Myosine ATP-ase activiteit	Langzaam	Snel	Snel
Primaire weg voor ATP synthese	Aëroob	Aëroob	Anaëroob
Myoglobine capaciteit	Hoog	Hoog	Laag
Glycogeen voorraad	Klein	Gematigd	Groot
Optreden van vermoeidheid	Langzaam	Gematigd	Snel
Structurele eigenschappen			
Kleur	Rood	Rood (roze)	Wit
Vezeldiameter	Klein	Gematigd	Groot
Mitochondria	Veel	Veel	Weinig
Capillairen	Veel	Veel	Weinig
Functionele eigenschappen			
Rol in het lichaam	Houdingsregulatie, uithoudingsvermogen	Uithoudings-Vermogen van gematigde duur	Snelle, krachtige bewegingen

Figuur 5.1 Structurele en functionele eigenschappen van de drie skeletspiervezels. Gebaseerd op gegevens uit Marieb³³ en Rhoades³⁶

§ 4.2 Trainingsprincipes bij gezonde personen

Om aanbevelingen te kunnen doen voor een trainingsprogramma gericht op perifere spierkracht bij COPD-patiënten, worden eerst de algemene trainingsprincipes voor de gezonde personen weergegeven. Hier wordt nog niet gekozen maximaal kracht, dan wel duurkracht, omdat er nog niet bepaald is bij welke vorm van training COPD-patiënten het

meeste baat hebben. Een trainingsprogramma is het meest optimaal wanneer het gebaseerd is op de algemene trainingsprincipes. Er bestaat een mogelijkheid dat de intensiteit hiervan voor een COPD-patiënt niet haalbaar is vanwege een beperkte inspanningstolerantie. Dit houdt in dat de COPD-patiënt niet de capaciteit heeft om de inspanning te leveren. In de vorige paragraaf werden de morfologische en fysiologische eigenschappen van de type I- en type II-vezels besproken. Aangezien het mogelijk is, dat er als gevolg van COPD een verandering optreedt in de eigenschappen van de vezels, wordt er in de komende paragraaf gekeken of de spiervezels specifiek beïnvloedbaar zijn door training.

Training is een doelbewust en doelgericht proces waarbij mensen trachten door middel van geschikte oefenmethodes hun prestatieniveau te verhogen en/of te onderhouden. Verbetering van de eigenschappen van het te trainen weefsel is gebaseerd op het principe van de zogenaamde supercompensatie. Hierbij wordt de prestatiegrens van het weefsel overschreden (overloadprincipe) waardoor een kleine beschadiging optreedt. De kwaliteit van het weefsel gaat dus omlaag. Omdat het slechts een kleine beschadiging betreft is het lichaam in staat zichzelf te herstellen. Het eindniveau van dit herstel ligt hoger dan het oorspronkelijke niveau van vóór de trainingsprikkel. Als er geen trainingsprikkel meer volgt zal de kwaliteit van het weefsel weer terugzakken naar het oorspronkelijke niveau. Om zo effectief mogelijk te trainen dient er op het moment dat het weefsel optimaal van kwaliteit is weer een nieuwe trainingsprikkel te worden toegediend. De mate van belasting moet hierbij geleidelijk worden opgevoerd (principe van toenemende belasting). Elk weefsel heeft echter zijn grens wat betreft trainbaarheid. Wanneer als gevolg van training het weefsel een bepaald kwaliteitsniveau heeft bereikt zal verdere training weinig extra effect meer hebben (principe van de verminderde meeropbrengst). (Bernards²⁷, 1994, pag. 525-527; van Gestel³⁰, 1997, pag. 41-42, 45-48)

Naast het principe van supercompensatie worden er nog 3 trainingsprincipes beschreven. Ten eerste is er het principe van specificiteit. Weefsel is vaak gevoelig voor slechts één bepaalde prikkel. Om doelmatig te trainen moet je dus bepalen welke stimulans het weefsel nodig heeft om je trainingsdoel te bereiken. Ten tweede is er het principe van de individuele gevoeligheid. Er zijn geen exacte waarden van spierkracht die bij een bepaalde bevolkingsgroep horen. Spierfunctieverbetering is dan ook gebaseerd op het percentage van de maximale arbeid van die specifieke persoon.

Tenslotte is er het principe van de reversibiliteit. Hiermee wordt bedoeld dat de effecten van een trainingsprikkel ongedaan worden gemaakt als het behaalde niveau niet wordt onderhouden. Een belangrijk aspect hiervan is dat snel behaalde trainingsresultaten ook weer het snelst kunnen afnemen. Een geleidelijke opbouw van intensiteit wordt dan ook aangeraden. (Bernards²⁷, 1994, pag. 524-525; van Gestel³⁰, 1997, pag. 48-54, 129-132)

Wat betreft de intensiteit is er een onderscheid te maken tussen training van maximaal kracht en duurkracht. De intensiteit wordt hierbij vastgesteld aan de hand van een bepaald percentage van het één herhalingsmaximum (1 HM). Het één herhalingsmaximum is het gewicht dat net één keer in een vloeiende beweging, over het gehele bewegingstraject kan worden verplaatst. De ideale parameters voor het verbeteren van maximaal kracht bestaan uit hooguit 6 contracties met een duur van enkele seconden, een intensiteit van 80% van het 1 herhalingsmaximum (1 HM), gevolgd door een relatief lange periode van rust (5-8 minuten). Een dergelijke training dient enkele malen per week herhaald te worden. Deze training heeft met name invloed op de anaërobe stofwisseling.

Als duurkracht het doel van de training is, dient de weerstand laag te zijn (< 60%) en het aantal herhalingen hoog, te weten tenminste 20 herhalingen gevolgd door een korte

rustperiode (30-45 s.). Als de spieren gedurende 3 tot 5 minuten worden getraind met een submaximale intensiteit, met daartussen relatief korte perioden van rust, zal het aërobe vermogen worden aangesproken.

Wil men een combinatie van beide trainingsdoelen bereiken dan wordt een aantal van 8 tot 12 herhalingen aanbevolen. Een frequentie van 2 tot 3 keer per week wordt beschouwd als de meest optimale verhouding tussen trainingsprikkel en rustperiodes.

(Bernards²⁷, 1994, pag. 526-527; van Gestel³⁰, 1997, pag. 48-54, 129, 132)

Mogelijk berust de krachttoename voor een deel op veranderingen in de activering van de spieren vanuit het centrale zenuwstelsel. Hierdoor ontstaat onder andere een betere coördinatie, wat gepaard gaat met een toegenomen inhibitie van de antagonisten van de betreffende spier. Het is hierbij niet uitgesloten dat men door training leert meer motor-units gelijktijdig te activeren. Een motor-unit is een groep spiervezels die door één enkele motorische zenuwvezel wordt geactiveerd.

(Bernards²⁷, 1994, pag. 168, 528)

Huijbregts¹⁷ heeft een review geschreven over krachttraining voor de oudere patiënt. Hij concludeert dat toename van kracht in het begin van een trainingsprogramma wordt veroorzaakt door een meer effectieve activering van het musculair apparaat. Hij doelt hiermee op een verbeterde samenwerking van agonisten en antagonisten, een verbeterde afstemming van agonisten op de gevraagde functie, een toegenomen activering van het aantal motor-units, een toename in de prikkel frequentie van de motorneuronen en een toename van de tijdsduur waarin hoge prikkel frequenties kunnen worden gehandhaafd.

Met betrekking tot aanpassingen van de snelle en langzame spiervezels zijn er meerdere fysiologische effecten van training te noemen. Ten eerste verbetert het aërobe vermogen van alle vezeltypen in gelijke mate. De verbetering van het aërobe vermogen komt tot stand doordat onder andere het aantal mitochondria in de spiervezels en de capillaire dichtheid toeneemt. Ook de hoeveelheid myoglobine en enzymen voor de aërobe stofwisseling nemen toe. Een getraind persoon heeft bij een identieke inspanning een significant lager melkzuurgehalte in zijn bloed en in zijn spieren in vergelijking met een ongetraind persoon. Dit komt door de verbeterde aërobe stofwisseling. De verbetering van het anaërobe vermogen is groter voor de type II-vezels. Hier neemt het aantal enzymen voor de anaërobe stofwisseling toe. Als gevolg van de toegenomen enzymactiviteit is er een grotere zuurstofdiffusie naar de spiercellen mogelijk. Door deze toegenomen oxidatieve capaciteit is de aërobe stofwisseling makkelijker aan te spreken. Als gevolg van toegenomen capillairvorming is de stroomsnelheid van het bloed afgenomen, is het diffusieoppervlak toegenomen en is de diffusieafstand afgenomen. Deze verbeterde doorbloeding heeft ook een positief effect op de zuurstoftoevoer naar de spieren. (Bernards²⁷, 1994, pag. 528-529; Fox²⁹, 1997, pag. 267)

Er zijn aanwijzingen dat het hypertrofiëren van een type spiervezel afhankelijk is van een bepaald soort training. Zo nemen type I-vezels een relatief groter deel in van het totale spieroppervlak na duurtraining. Aan de andere kant zullen bij bijvoorbeeld sprinters en kogelstoters, die explosieve kracht nodig hebben, door training juist de type II-vezels zich sterker ontwikkelen. Deze informatie kan een aanwijzing zijn voor selectieve hypertrofie, die bepaald wordt door de soort training of door de soort sport die uitgevoerd wordt. Zo neemt de omvang van de spier toe als gevolg van de toename in grootte van de bestaande spiervezels. Als gevolg hiervan neemt de maximale kracht van de spier toe. Er is geen toename in het aantal spiervezels. Er wordt aangegeven dat er nog van uit wordt gegaan dat training geen

omzetting van type I- en type II-vezels in elkaar tot gevolg heeft. Toch blijkt echter dat het percentage snelle vezels is toegenomen en het percentage langzame vezels is afgenomen na sprinttraining. Het tegenovergestelde lijkt te gelden voor duurtraining, waarbij het percentage langzame vezels toeneemt en het percentage snelle vezels afneemt. (Bernards²⁷, 1994, pag. 528-529; Fox²⁹, 1997, pag. 267)

Onder normale trainingsomstandigheden verandert de relatieve verhouding tussen de verschillende vezeltypen niet. Er zijn aanwijzingen dat er wel enige verschuiving kan plaatsvinden in de verhouding type I- en type II-vezels, maar dat vindt pas na zeer langdurige training met een zeer hoge intensiteit plaats. Fox e.a.²⁹ geven aan dat spieren van sporters die aan duurtraining hebben gedaan, een groter percentage aan type I-vezels bevatten, en sporters die op kracht trainden een groter percentage type II-vezels hebben, beiden ten opzichte van ongetrainde personen. (Fox²⁹, 1995, pag. 86; Van Gestel³⁰, 1997, pag. 118)

Bij vier lange afstandlopers zou na anaërobe training in de m. Vastus lateralis een omzetting te zien zijn van type I-vezels in type II-vezels. Bij aërobe training zou het tegenovergestelde gebeuren. In het algemeen wordt aangenomen dat de enige effectieve manier om spiervezels in elkaar om te zetten gekruiste innervatie is. Bij gekruiste innervatie wordt bijvoorbeeld de motorisch zenuwvezel die eerst een type II-vezel innerveerde operatief op een type I-vezel geplaatst. De type I-vezel neemt nu de functionele eigenschappen van een type II-vezel over. De spiervezels worden op deze manier dus in elkaar omgezet. Fox e.a.²⁹ concluderen dat training wel een toename in grootte en functionele capaciteit van de spiervezels tot gevolg heeft, maar dat vezeltypen niet in elkaar worden omgezet. (Fox²⁹, 1997, pag. 87)

Samenvatting

Spiervezels

In een skeletspier zijn drie verschillende type vezels te vinden. De type I-vezel, is een langzame vezel, die gebruik maakt van de aërobe stofwisseling. Deze vezels bevat veel mitochondria en veel capillairen. Hierdoor zijn ze niet snel vermoeid en geschikt voor langdurige activiteiten. De type II-vezels zijn onder te verdelen in type IIa- en type IIb-vezels. Dit zijn snelle vezels, die weinig myoglobine bevatten en weinig mitochondria en capillairen. Ze betrekken hun energie via de anaërobe weg. Ze zijn hierdoor snel vermoeid. Door hun dikke diameter kunnen ze veel kracht leveren. Ze zijn geschikt voor snelle kortdurende activiteiten met een hoge intensiteit^{29,30,33,34}.

Algemene trainingsprincipes

Een training van de maximaal kracht moet bestaan uit hooguit 6 contracties met een intensiteit van 80% van het 1 HM, gevolgd door een lange periode van rust (5-8 min.).

Duurkrachttraining moet bestaan uit minimaal 20 herhalingen en een intensiteit lager dan 60% van het 1 HM. Er is een relatieve rustperiode van 30-45 s. tussen twee series^{27,30}.

Door training verbeterd het aërobe vermogen, wat inhoudt dat onder andere het aantal oxidatieve enzymen, het myoglobinegehalte, het aantal mitochondria en het aantal capillairen toenemen^{27,29}.

Duurkrachttraining heeft mogelijk een specifieke hypertrofiëring van type I-vezels tot gevolg. Training van de maximaal kracht heeft mogelijk een hypertrofiëring tot gevolg. Er is vooralsnog niet met zekerheid te zeggen dat training een omzetting van type I- tot type II-vezels tot gevolg heeft. Hiervoor bestaan wel aanwijzingen²⁹.

§ 4.3 Spiervezels bij COPD-patiënten

In de bovenstaande paragrafen staan de trainingsprincipes beschreven van gezonde individuen. Hierbij is gelet op zowel de algemene trainingsprincipes, als de trainingsprincipes per spiervezeltype. In de komende paragraaf worden deze eigenschappen als basis genomen voor de beschrijving van trainingsprincipes bij COPD-patiënten. Allereerst worden de resultaten beschreven van literatuur over veranderde morfologische en fysiologische eigenschappen in de type I- en type II-vezels. Ook wordt er gekeken of er een verandering optreedt in de verhouding van type I- en type II-vezels.

Jakobsson e.a. (1990)¹⁸ hebben onderzoek gedaan naar de stofwisseling en de vezelsamenstelling in de skeletspier bij patiënten met ernstige COPD. Het doel van het onderzoek is het verschil in stofwisseling en de vezelsamenstelling aan te tonen tussen patiënten zonder chronisch respiratoir falen en patiënten met chronisch respiratoir falen.

Achttien patiënten met ernstige COPD zijn onderzocht. Dit waren 8 patiënten (6 mannen en 2 vrouwen) met chronisch respiratoir falen (RF-groep) en 10 patiënten (7 mannen en 3 vrouwen) zonder chronisch respiratoir falen. De patiënten zonder respiratoir falen hadden een chronisch luchtwegobstructie met een $FEV_1 < 1$ liter (zie § 3.3) en arteriële bloedgaswaarden in rust $PO_2 \geq 10$ kPa en $PCO_2 \leq 6$ kPa. De RF-groep bevat 8 patiënten met ernstige COPD, die al geruime tijd zuurstoftherapie krijgen. Zij hebben een $PO_2 < 8$ kPa in rust. De twee groepen zijn onderzocht met behulp van spirometrie, arterieel bloedgasanalyse en biopsies van de m. Quadriceps femoris. De biopsies zijn geanalyseerd voor ATP, creatine phosphate, creatine, lactaat, en glycogeengehalte. De spiervezelsamenstelling is ook onderzocht. Lage concentraties van ATP, glycogeen en creatine fosfaat zijn gevonden bij de RF-patiënten. Bij beide groepen werd een laag percentage type I-vezels gevonden. Jakobsson e.a.¹⁸ geven aan dat bij gezonde personen het percentage van type I-vezels en type II-vezels in spieren zoals in de m. Quadriceps femoris ongeveer gelijk is, maar er bestaan significante individuele verschillen. Zowel bij gezonde individuen als bij patiënten met milde tot matige COPD is er een kleine overheersing van type I-vezels te zien in de beenmusculatuur ten opzichte van gezonde personen met een lagere leeftijd. Dit in tegenstelling tot het lage percentage type I-vezels bij patiënten met ernstige COPD.

Jakobsson e.a.¹⁸ hebben een relatie gevonden tussen het percentage van type I-vezels en de arteriële PO_2 waarde. De reden van het erg lage percentage van type I-vezels bij patiënten met ernstige COPD is nog onbekend.

Satta e.a. (1997)²² hebben onderzoek gedaan naar de relatie tussen skeletspieren, vezelsamenstelling, functionele respiratoire beschadigingen en inspanningstolerantie bij patiënten met COPD. Een groep van 22 mannelijke COPD-patiënten (leeftijd 65.4 ± 9.1 jaar) en een controlegroep van 10 gezonde mannelijke personen (leeftijd 30-40 jaar) zijn onderzocht. De COPD-groep had een $FEV_1 < 70\%$ (zie § 3.3), last van kortademigheid tijdens inspanning, leeftijd < 75 jaar en lichaamsgewicht $> 90\%$ van het ideale gewicht. De controlegroep bestond uit mannen (lichaamsgewicht 70-74 kg), die niet aan sport deden. De vitale capaciteit (VC), FEV_1 , residuale volume zijn gemeten en de PO_2 en de PCO_2 zijn bepaald. Elke patiënt heeft een test op een ergometer gedaan. Tijdens deze test zijn VO_{2max} , de arteriële gaswaarden en de melkzuurconcentratie in het bloed gemeten. Door middel van naaldbiopsies werden monsters genomen van de m. Vastus lateralis, waarna de verschillende vezeltypen aangetoond konden worden. De controlegroep werd alleen gebruikt om de spiermonsters te vergelijken.

De VC (-21%) en de FEV_1 (-49%) waren significant verminderd ten opzichte van gezonde personen. Alle patiënten waren beperkt door kortademigheid tijdens de inspanningstest. De

verminderde inspanningstolerantie wordt gekenmerkt door lage waarden van de VO_{2max} en door de gemiddeld lage arbeidsintensiteit. De PO_2 tijdens inspanning was niet significant verminderd ten opzichte van de PO_2 tijdens rust. De VC en FEV_1 waren positief gecorreleerd met de hoeveelheid type I-vezels en negatief met de hoeveelheid type IIb-vezels. De VC en FEV_1 waren niet significant gecorreleerd met de type IIa-vezels. Er is ook geen correlatie gevonden tussen de vezelsamenstelling in de spier en de inspanningsparameters (inclusief de VO_{2max} , intensiteit en anaërobe drempel en variatie in PO_2 en PCO_2).

De analyse van de spiermonsters, genomen uit de m. Vastus lateralis, liet zien dat bij de COPD-groep in vergelijking met de controlegroep het percentage snelle IIb-vezels was verhoogd. Alleen de type IIb-vezels waren in aantal toegenomen bij COPD-patiënten. Hoe meer de longfunctie is beschadigd, hoe minder type I-vezels en hoe meer type IIb-vezels gevonden werden. De veranderingen in type IIa-vezels volgen meer de veranderingen van type I-vezels dan die van type IIb. In het onderzoek werd geen correlatie aangetoond tussen de maximale inspanningscapaciteit, melkzuurproductie en het gedrag van het respiratoire gas tijdens inspanningen met een hoge intensiteit en de spiervezelsamenstelling.

Satta e.a.²² concluderen dat het verminderde zuurstofaanbod, mogelijk in combinatie met de toegenomen inactiviteit van spieren, een verandering in de spieren veroorzaken bij COPD-patiënten.

Jobin e.a. (1998)²⁰ hebben in een onderzoek de dichtheid van capillairen en verhoudingen van vezeltypes van de m. Vastus lateralis van patiënten met COPD vergeleken met gezonde proefpersonen. Er namen 15 mannelijke proefpersonen deel aan dit onderzoek: 8 COPD-patiënten (61.0 ± 1.8 jaar; FEV_1 $42.0 \pm 2.1\%$) en 7 gezonde mannen in de controlegroep (leeftijd 54.0 ± 1.1). In de controlegroep zaten mannen die niet aan sport deden. De COPD-patiënten hebben een maximale uithoudingstest gedaan op de fietsergometer. Er zijn een transcutane biopsies van de m. Vastus lateralis gedaan. Deze biopten zijn onderzocht op de dichtheid van capillairen en op samenstelling van de spiervezels.

De patiënten met COPD waren significant ouder dan de controlegroep en hadden een lager lichaamsgewicht. Het aantal capillairen per mm^2 was significant lager bij COPD-patiënten dan bij gezonde proefpersonen (92.6 ± 16.1 en 213.3 ± 33.5 , $p < 0.001$). Wanneer het aantal capillairen per vezel berekend werd, was dit bij COPD-patiënten nog steeds lager (0.83 ± 0.05 spiervezels/ mm^2 bij COPD en $1.56 \pm .01$ spiervezels/ mm^2 bij gezonde personen, $p < 0.001$).

Het percentage van type I-vezels was lager bij de COPD-patiënten en het percentage type II vezels was toegenomen in vergelijking met de controlegroep ($43.5 \pm 5.5\%$ type I, $56.6 \pm 5.5\%$ type II bij COPD-patiënten en $56.7 \pm 3.4\%$ type I en $43.2 \pm 3.4\%$ type II bij gezonde proefpersonen ($p < 0.05$)).

Jobin e.a.¹⁹ beweren dat COPD-patiënten een groter percentage type II-vezels hebben en een veel lagere capillairen/vezels verhouding dan bij normale proefpersonen. Ze concluderen dat de ziekte COPD het vezeltype en de dichtheid van capillairen van de onderste extremiteiten ongunstig beïnvloedt. Dit kan gedeeltelijk veroorzaakt worden door de toenemende inactiviteit van deze patiënten.

Serres e.a. (1998)²⁴ hebben een review geschreven over skeletspierafwijkingen bij COPD-patiënten en het aandeel van deze afwijkingen in de inspanningsintolerantie. Ze geven aan dat er een gereduceerd percentage bestaat van type I-vezels in de m. Quadriceps femoris. Patiënten met ernstige COPD laten een hogere anaërobe enzymactiviteit zien en een lagere activiteit van aërobe enzymen.

Casaburi (2000)⁶ heeft in een review geschreven over skeletspierdysfunctie. Hij schrijft dat een lager percentage van type I-vezels (en een hoger percentage van type II-vezels) is

aangetoond bij COPD-patiënten ten opzichte van gezonde personen. De aërobe functie van de spieren is veranderd. De capillaire dichtheid in de spiervezels is verminderd, wat resulteert in een vergrootte diffusieafstand voor het zuurstoftransport. Ook de concentraties van aërobe enzymen zijn verminderd bij COPD-patiënten, maar die van de anaërobe enzymen niet.

Casaburi⁶ schrijft ook dat COPD-patiënten bij veel minder inspanning meer melkzuur produceren dan gezonde individuen. Melkzuur wordt geproduceerd wanneer het zuurstoftransport onvoldoende is en de anaërobe glycolyse de ATP produceert. Er is aangetoond dat het grootste deel van de zuurstoftoevoer naar de onderste extremiteiten adequaat blijkt te zijn. Ook wordt er aangegeven dat de opname van zuurstof merkwaardig laag is. Bij het begin van de inspanning stijgt de vraag naar zuurstof heel abrupt, maar er wordt geen steady-state bereikt voor de zuurstofopname in de spiervezels. Casaburi⁶ geeft aan dat deze vertraging een zuurstofschuld veroorzaakt; een grote zuurstofschuld houdt een slechte aërobe functie in. Na een enkele of dubbele longtransplantatie zullen de longmechanismen en gasuitwisseling verbeteren. De ventilatie van de patiënt kan dan niet langer beperkingen veroorzaken voor de inspanningstolerantie, maar de intolerantie blijft bestaan.

Maltais e.a. (2000)²⁰ (zie § 3.3) beschrijven dat bij patiënten met milde tot matige COPD de hoeveelheid type I vezels gelijk blijft. Zij melden een afname van type I-vezels bij ernstige COPD-patiënten (17%-29% in COPD versus 45%-50% bij normale personen) en omgekeerd een toename van type IIb-vezels. Bij COPD-patiënten zijn type I en type IIa vezels atrofisch en het aantal capillairen dat hiermee in contact staat is afgenomen vergeleken met normale leeftijdsgenoten.

§ 4.4 Spierkracht als behandelbare grootheid bij COPD-patiënten.

Perifere spierkracht is pas een behandelbare grootheid bij COPD-patiënten wanneer aangetoond is dat er spierkrachtverlies is. In § 3.3 is al bekeken of er sprake is van krachtverlies van perifere skeletspieren. In de voorgaande paragraaf staan eventuele veranderingen van de eigenschappen van de spiervezels bij COPD-patiënten beschreven. Deze veranderingen dragen mogelijk bij aan spierkrachtverlies. Het is noodzakelijk om aan te tonen of krachttraining voor de perifere skeletspieren van COPD-patiënten effect heeft, alvorens het zinvol is om richtlijnen op te stellen. In deze paragraaf worden de resultaten beschreven van die een antwoord kunnen geven op de vraag of krachttraining een nuttige toevoeging aan bestaande behandelvormen kan zijn.

Clark e.a.(1996)⁸ hebben onderzoek gedaan naar de effecten van training met een lage intensiteit op perifere skeletspieren bij COPD-patiënten. Ze hebben 48 patiënten geselecteerd op basis van de diagnose COPD. De patiënten werden gerandomiseerd ingedeeld in een trainingsgroep (n = 32) en een controlegroep (n = 16). Gedurende 12 weken voerde de trainingsgroep dagelijks 10 oefeningen uit (5 voor de bovenste extremiteit en 5 voor de onderste extremiteit). Aanvankelijk moesten de patiënten gedurende 30 seconden zoveel mogelijk herhalingen maken. De tijdsduur per oefening werd verhoogd naar 45 en 60 seconden als het optimale aantal herhalingen per tijdseenheid was bereikt, en als er een lage score op de Borgschaal (zie § 3.3) voor ademloosheid werd behaald. Aan het eind van het onderzoek werden de aantallen herhalingen van de trainingsgroep en de controlegroep met elkaar vergeleken.

Om het algemene uithoudingsvermogen te meten werden de patiënten op een lopende band getest. De patiënten moesten lopen tot uitputting optrad, waarna de totale hoeveelheid verbruikte energie werd genoteerd in joules. In de groep met training werd een significante

verbetering opgemerkt ten opzichte van de controlegroep. Het aantal herhalingen bij de onderste extremiteit nam in de trainingsgroep toe met gemiddeld 24 herhalingen, in de controlegroep met slechts 1 ($p < 0.001$). Het aantal herhalingen bij de bovenste extremiteit nam in de trainingsgroep toe met gemiddeld 24 herhalingen, in de controlegroep met slechts 2 ($p < 0.001$). Het algemene uithoudingsvermogen nam in de trainingsgroep toe met 6372 joules, waar in de controlegroep slechts 430 joules werden verbruikt. Clark e.a.⁸ concludeerden hieruit dat duurkracht in de trainingsgroep was verbeterd.

O'Donnel e.a. (1998)²² onderzochten de kracht en het uithoudingsvermogen van ademhalings- en perifere skeletspieren bij patiënten met chronische luchtstroombeperking (zie § 3.3 pag. 18). O'Donnel e.a.²¹ concludeerden uit de resultaten van hun trainingsprogramma dat de afname van kortademigheid en toename van het algemene uithoudingsvermogen niet het gevolg waren van de verbeterde skeletspierfunctie. De verminderde kracht van de m. Quadriceps femoris correleert met de loopafstand en de maximale zuurstofopname. De perifere spierzwakte correleert met verzuring in de benen. Tot slot concludeerden ze dat totale lichaamstraining met de hoogst verdraagbare intensiteit een verbetering veroorzaakt van kracht en uithoudingsvermogen van de ademhalings- en perifere skeletspieren.

Serres e.a. (1998)²⁴ hebben een review geschreven over het aandeel van ademhalings- en perifere skeletspieren in inspanningstolerantie (zie § 4.3, pag 28). Hierin komen zij tot de conclusie dat training bij COPD-patiënten kan resulteren in het herstellen van de aërobe capaciteit in de perifere skeletspieren. Hierdoor kan een verbetering optreden van de inspanningstolerantie.

Bernard e.a. (1999)² hebben onderzocht of krachttraining een nuttige toevoeging is aan aërobe training bij patiënten met COPD. Hiervoor werden 45 patiënten geselecteerd op basis van een irreversibele luchtwegobstructie en een geschiedenis van roken. De patiënten werden ingedeeld in een groep die alleen aërobe training onderging (AERO, $n = 19$) en een groep die naast de aërobe training ook spierkrachttraining kreeg (AERO + ST, $n = 17$). De aërobe training bestond uit 3 keer per week 30 minuten fietsen op een intensiteit van 80% van de maximale arbeid die de patiënt kon leveren. De krachttraining bestond uit specifieke spiertraining van de m. Pectoralis major, m. Latissimus dorsi, m. Gluteus maximus en de m. Vastus lateralis. De patiënten moesten 3 keer per week 3 sets van 8 tot 10 herhalingen uitvoeren met een intensiteit van 60% van het één herhalingsmaximum* (1 HM). Voor en na de trainingsperiode van 12 weken werd de spierkracht van bovengenoemde spieren getest tegen hydraulische weerstand. Om de omvang van de bovenbeenspieren te bepalen werd m.b.v. een CT-scan een dwarsdoorsnede gemaakt. Het algemene uithoudingsvermogen werd getest m.b.v. de 'zes minuten loopafstand'. Hierbij moet binnen zes minuten de voor die patiënt maximale afstand worden afgelegd³¹. De kwaliteit van leven werd gemeten met behulp van een vragenlijst. De kracht van de m. Quadriceps femoris nam bij de AERO + ST significant meer toe dan bij de AERO; $20 \pm 12\%$ t.o.v. $8 \pm 10\%$ ($p < 0.05$). De dwarsdoorsnede van de dijbeenspieren nam in de AERO + ST groep toe met $8 \pm 13\%$ t.o.v. $3 \pm 6\%$ ($p < 0.001$) in de AERO groep. De kracht van de m. Pectoralis major nam in de AERO + ST groep toe met $15 \pm 9\%$ t.o.v. $2 \pm 10\%$ ($p > 0.05$) in de AERO groep. De toename van de kracht van de m. Latissimus dorsi, de 'zes minuten loopafstand' en de kwaliteit van leven namen in beide groepen vergelijkbaar toe ($p < 0.01$). Uit deze resultaten concluderen Bernard e.a.² dat de combinatie van aërobe en krachttraining ondanks de ernst van ziekte goed door de

* één herhalingsmaximum is het gewicht dat net één keer in een vloeiende beweging, over het gehele bewegingstraject kan worden verplaatst (van Gestel²⁵, 1997, pag. 49).

COPD-patiënten wordt verdragen. Ook concluderen ze dat er een afname is van het perifere spierkrachtverlies en van de atrofie van de bovenbeenspieren, maar dat dit geen effect heeft op het algemene uithoudingsvermogen en de kwaliteit van het leven.

Bourjeily e.a. (2000)⁵ hebben een review geschreven over inspanningstraining bij COPD-patiënten. Ondanks fysiologische en anatomische afwijkingen als gevolg van COPD kan de inspanningstolerantie verbeterd worden. De combinatie van longrevalidatie en inspanningstraining heeft een verbetering van het uithoudingsvermogen en in mindere mate ook van de maximaal getolereerde arbeid van COPD-patiënten tot gevolg. De intensiteit van de therapie moet zo hoog mogelijk worden ingesteld als de patiënt kan verdragen om een optimaal effect te bewerkstelligen. De verbetering van het aërobe uithoudingsvermogen, perifere spierkracht, coördinatie en effectiviteit van de oefeningen hebben een verbetering van de inspanningstolerantie tot gevolg.

§ 4.5 Resultaten van trainingsprogramma's bij COPD-patiënten.

Om specifieke aanbevelingen te kunnen doen is het ook belangrijk te kijken naar de effecten van eerder gepubliceerde trainingsprogramma's. In deze paragraaf worden resultaten beschreven van onderzoeken waarin de invloed van de verschillende trainingsvariabelen op de spierkracht bij COPD-patiënten werd beschreven. Aan de hand van deze resultaten wordt een antwoord gezocht op de vraag of COPD-patiënten meer baat hebben bij training van duurkracht of bij training van maximaal kracht. Daarnaast moet nog worden gekeken naar de trainbaarheid van spiervezels, om te kijken of trainingen eventuele veranderingen in de spiervezels van COPD-patiënten kunnen beïnvloeden.

De Europese Respiratory Society (1995)¹⁰ schreef een review over de optimale manier hoe om te gaan met COPD. Zij stellen hierin dat algemene, aspecifieke oefentherapie de beste manier is van revalidatie bij COPD-patiënten. Met aspecifieke oefentherapie bedoelen ze activiteiten als lopen (bijv. op een lopende band), traplopen (bijv. op een stepapparaat) of fietsen (bijv. op een fietsergometer).

Clark e.a. (1996)⁸ hebben onderzoek gedaan naar de effecten van training met een lage intensiteit op perifere skeletspieren bij COPD-patiënten (zie § 4.4). Gedurende 12 weken voerde de trainingsgroep dagelijks 10 oefeningen uit (5 voor de bovenste extremiteit en 5 voor de onderste extremiteit). Aanvankelijk moesten de patiënten gedurende 30 seconden zoveel mogelijk herhalingen maken. De tijdsduur per oefening werd verhoogd naar 45 en 60 seconden als het optimale aantal herhalingen per tijdseenheid was bereikt, en als er een lage score op de Borgschaal (zie § 3.3) voor ademloosheid werd behaald. Aan het eind van het onderzoek werden de aantallen herhalingen van de trainingsgroep en de controlegroep met elkaar vergeleken.

In de groep met training werd een significante verbetering opgemerkt ten opzichte van de controlegroep. Het aantal herhalingen bij de onderste extremiteit nam in de trainingsgroep toe met gemiddeld 24 herhalingen, in de controlegroep met slechts 1 ($p < 0.001$). Het aantal herhalingen bij de bovenste extremiteit nam in de trainingsgroep toe met gemiddeld 24 herhalingen, in de controlegroep met slechts 2 ($p < 0.001$).

Clark e.a.⁸ vermelden dat trainingsprogramma's met een hoge intensiteit vaak niet getolereerd worden door COPD-patiënten vanwege hun kortademigheid. Lokale, perifere trainingsvormen worden beter getolereerd.

Clark (1996)⁷ schrijft in een ander artikel dat een verbetering niet puur op weefselniveau moet plaatsvinden, maar dat het doel van de training met name functioneel moet zijn.

Bernard e.a. (1999)² hebben onderzocht of krachttraining van de m. Pectoralis major, m. latissimus dorsi, m. Gluteus maximus en de m. Vastus lateralis een nuttige aanvulling is op de training van het algemene uithoudingsvermogen bij COPD-patiënten (zie § 4.4). Ze gebruikten hiervoor een trainingsprogramma van 12 weken, waarin 3 keer per week werd getraind. De resultaten van een groep met alleen training van het algemene uithoudingsvermogen (AERO) vergeleken met een groep die naast deze training ook spierkrachttraining kreeg.

De krachttraining bestond uit specifieke spiertraining van de m. Pectoralis major, m. Latissimus dorsi, m. Gluteus maximus en de m. Vastus lateralis. De patiënten moesten 3 keer per week 3 sets van 8 tot 10 herhalingen uitvoeren met een intensiteit van 60% van het één herhalingsmaximum* (1 HM). Voor en na de trainingsperiode van 12 weken werd de spierkracht van bovengenoemde spieren getest tegen hydraulische weerstand. De kracht van de m. Quadriceps femoris nam bij de AERO + ST significant meer toe dan bij de AERO; $20 \pm 12\%$ t.o.v. $8 \pm 10\%$ ($p < 0.05$). De kracht van de m. Pectoralis major nam in de AERO + ST groep toe met $15 \pm 9\%$ t.o.v. $2 \pm 10\%$ ($p > 0.05$) in de AERO groep. De toename van de kracht van de m. Latissimus dorsi nam in beide groepen vergelijkbaar toe ($p < 0.01$). Uit deze resultaten concluderen Bernard e.a.² dat de spierkracht in de groep met krachttraining significant meer toenam in vergelijking tot de groep zonder krachttraining.

Gosselink e.a. (1996)¹⁵ doen in een review de aanbeveling dat er bij COPD-patiënten getraind dient te worden in 3 series van 10 herhalingen met een intensiteit van 60% van het 1 HM. Het 1 HM moet wel regelmatig worden geëvalueerd om de juiste intensiteit te waarborgen.

Gosselink e.a. (1997)¹⁵ schrijven in een review dat een submaximale intensiteit het meeste effect behaalt. Zij stellen ook dat een te lage intensiteit geen significante verbeteringen geeft in de kracht en het uithoudingsvermogen van de perifere skeletspieren.

O'Donnel e.a. (1998)²¹ (zie § 3.3) hebben een onderzoek gedaan naar de kracht en het uithoudingsvermogen van ademhalingspijpen en perifere skeletspieren bij COPD-patiënten. Na 6 weken zonder interventie ondergingen de patiënten een longrevalidatieprogramma van eveneens 6 weken. In de trainingsperiode kwamen de patiënten 3 keer per week trainen gedurende 2½ uur. De training bestond uit oefeningen voor zowel bovenste als onderste extremiteiten zoals lopen, traplopen, arm-ergometrie, fietsen en lopende band. De intensiteit was zo hoog mogelijk, uitgaande van een maximaal verdraagbare ademloosheid volgens de Borgschaal (zie § 3.3). Bij 0, 6 en 12 weken werden de patiënten getest op kracht en uithoudingsvermogen van de perifere skeletspieren. Voor het trainingsprogramma was de spierkracht van de m. Quadriceps femoris significant verminderd; $51 \pm 5\%$ van referentiewaarden. Na de training was de kracht toegenomen met $21 \pm 5\%$ ($p < 0.01$). Uithoudingsvermogen van de m. Quadriceps femoris en handknijpkracht namen niet significant toe. Als gevolg van de training namen de volgende variabelen wel toe: uithoudingsvermogen van de bovenste extremiteit op de arm-ergometer $12 \pm 5\%$ ($p < 0.05$). Uit deze resultaten concluderen O'Donnel e.a.²¹ dat een niet specifiek trainingsprogramma gericht op uithoudingsvermogen, een verbetering teweegbracht in de spierfunctie van perifere musculatuur bij patiënten met ernstige COPD.

* één herhalingsmaximum is het gewicht dat net één keer in een vloeiende beweging, over het gehele bewegingstraject kan worden verplaatst (van Gestel³⁰, 1997, pag. 49).

Bourjeily e.a. (2000)⁵ (zie § 4.4) concluderen dat de intensiteit van de therapie zo hoog mogelijk moet worden ingesteld als de patiënt kan verdragen om een optimaal resultaat te bewerkstelligen.

De volgende twee artikelen geven de effecten van training op spiervezels weer bij COPD-patiënten.

Maltais e.a.(2000)²⁰ vermoeden in een review dat patiënten met ernstige COPD de intensiteit en duur van training, die vereist is voor het bereiken van adaptaties in de skeletspieren, kunnen verdragen. Na een trainingsprogramma van 12 weken met een fietsergometer is de activiteit van een aantal enzymen verbeterd, die betrokken zijn bij de aërobe stofwisseling. Daarnaast is ook een toename te zien in het aantal type I-vezels en is er een toename in de dichtheid van capillairen in type I- en type IIa-vezels.

Serres e.a. (2000)²⁴ (zie § 4.3) geven aan dat door training de oxidatieve capaciteit verbeterd kan worden. Duurtraining leidt tot een hypertrofie van type I-vezels en een verbetering van het aantal mitochondria. Ook neemt de hoeveelheid enzymen toe, die nodig zijn voor de oxidatieve stofwisseling. Door Serres e.a.²⁴ wordt ook beschreven dat de melkzuurconcentratie in het bloed van COPD-patiënten na training is teruggelopen. Dit suggereert dat de stofwisseling in de spier verandert. De activiteiten van de stofwisselingsenzymen waren ten opzichte van voor de training significant verbeterd. Er werd een tegengestelde relatie gevonden tussen het percentage oxidatieve enzymen en percentage arterieel melkzuur tijdens inspanning.

Serres e.a.²⁴ geven een significante verbetering bij COPD-patiënten aan van de kracht en het uithoudingsvermogen van de m. Quadriceps femoris na training. Verbeteringen in het uithoudingsvermogen van de perifere skeletspieren en van het algemene uithoudingsvermogen tijdens een looptest zijn waargenomen bij COPD-patiënten na training voor de perifere skeletspieren. Ook was de frequentie van ademen na deze training verminderd bij een gegeven intensiteit.

Hoofdstuk 5: Discussie, conclusies en aanbevelingen van spierkrachtverlies bij COPD-patiënten

§ 5.1 De validiteit en betrouwbaarheid van de JAMAR handdynamometer en de Biodex

In deze paragraaf worden de discussie, beperkingen en conclusies besproken met betrekking tot de meetinstrumenten (JAMAR handdynamometer en de Biodex) die bij het COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis worden gebruikt voor het meten van de spierkracht.

Jamar handdynamometer

Er zijn een boek van Bekkering e.a.²⁵ en een artikel van Gilbertson e.a.¹² gevonden over de JAMAR handdynamometer. Het zijn slechts twee artikelen van de aanbevolen drie, zoals vastgesteld in de methode (zie § 2.4). Het artikel geeft aan dat de JAMAR speciaal gekozen is om zijn grote mate van betrouwbaarheid en accuraatheid en omdat de Amerikaanse vereniging voor handtherapeuten de handdynamometer gebruiken voor onderzoek.

Aangezien het hier een boek betreft en een artikel dat goed scoorde, die beide ook nog eens hetzelfde concluderen, zou hier een voorzichtige conclusie aan verbonden kunnen worden.

Biodex

Er is slechts één artikel van Frisiello e.a.¹¹ gevonden over de Biodex. Dit artikel ging niet over de te testen m. Biceps brachii of de m. Quadriceps. Het betreft hier dan niet de spieren die in het St. Joseph Ziekenhuis met behulp van de Biodex gemeten gaan worden. In het artikel werd de schoudermusculatuur getest. Wat betreft de validiteit en betrouwbaarheid van de Biodex, zou het niks uit moeten maken welke spieren getest worden. Toch kan hier slechts een voorzichtige uitspraak gedaan worden over de validiteit en betrouwbaarheid van de Biodex, omdat er slechts één artikel gevonden is over dit onderwerp.

De aanbevelingen die gedaan worden naar aanleiding van de vorige artikelen^{11,12,25} zijn, dat er nog onderzoek gedaan moet worden naar de betrouwbaarheid en validiteit van zowel de JAMAR handdynamometer als naar die van de Biodex. Dit omdat er op basis van een of twee artikelen geen harde conclusies getrokken kunnen worden.

§ 5.2 De m. Biceps brachii, de m. Quadriceps femoris en de handknijpkracht

Er is geen literatuur gevonden of de handknijpkracht, de spierkracht van de m. Biceps brachii en de spierkracht van de m. Quadriceps femoris een betrouwbaar beeld geven van de kracht van de skeletspieren in het algemeen. In de artikelen Engelen e.a.⁹, Gosselink e.a.¹⁴, O'Donnel e.a.²¹ en Serres e.a.²³ worden de handknijpkracht en de kracht van de m. Quadriceps gebruikt om de kracht van de perifere skeletspieren te testen. In deze onderzoeken zijn de handknijpkracht en de kracht van de m. Quadriceps getest om vervolgens in de conclusie te praten over de perifere skeletspieren. Er wordt echter niet uitgelegd waarom juist deze spiergroepen getest zijn. Afgevraagd kan worden of de geteste spiergroepen een goede afspiegeling zijn van perifere skeletspieren in het algemeen. Maltais²⁰ e.a. zeggen dat de m. Quadriceps femoris de meest gangbare spier is die gebruikt wordt om te testen, omdat het een makkelijke, toegankelijke spier is en omdat de m. Quadriceps femoris een belangrijke spier is binnen het bewegingsapparaat van de mens. Omdat in de literatuur niet is gevonden welke spiergroepen een goede afspiegeling zijn van perifere skeletspieren in het algemeen, moet hier verder onderzoek naar gedaan worden.

§ 5.3 Referentiewaarden

JAMAR handdynamometer

Over de referentiewaarden van de handknijpkracht zijn er een boek van Bekkering e.a.²⁵ en een artikel van Gilbertson e.a.¹² gevonden. Het onderzoeksartikel is hoog gescoord op de lijst van beoordelingscriteria (zie bijlage II), hoewel hier gediscussieerd kan worden over het onderzoek. Er heeft geen randomisatie plaatsgevonden. De vraag rijst of de onderzochte populatie wel een goede afspiegeling is voor de hele bevolkingspopulatie van Engeland. Daarnaast hoeven de referentiewaarden uit Engeland niet overeen te komen met referentiewaarden uit andere landen. Een ander punt van discussie is, dat de handknijpkracht bij een mens fluctueert op een dag¹². Er wordt niets gezegd over een bepaald tijdstip waarop patiënten gemeten zouden moeten worden en of er nog persoonsgebonden variabelen mogelijk zijn.

In beide artikelen werden referentiewaarden in een tabel weergegeven. In de ene tabel²⁵ werden de referentiewaarden in kilogrammen (kg) uitgedrukt, in de andere tabel¹² werden ze uitgedrukt in Engelse ponden (pounds). Om de referentiewaarden met elkaar te kunnen vergelijken zijn ze omgerekend van pounds naar kg (1 pond = 0.4536 kg). Omgerekend laten beide tabellen een ongeveer gelijke waarde zien^{12,25}, waaruit geconcludeerd kan worden dat deze referentiewaarden juist zijn.

Biodex

Voor de referentiewaarden van de Biodex is er een tabel met referentiewaarden van de fabrikant van de Biodex gebruikt, met daarin onder andere de referentiewaarden van de kracht van de m. Quadriceps en de m. Biceps brachii⁴. Er worden geen leeftijden in de tabel weergegeven. Van de ene kant kan geen conclusie getrokken worden aan de hand van deze referentiewaarden. Aan de andere kant zijn de tabellen afkomstig van de fabrikant van de Biodex. Hierdoor kan, met enige voorzichtigheid, worden aangenomen dat deze waarden correct zijn. In de gevonden literatuur^{3,14,16} zijn voor de m. Quadriceps femoris referentiewaarden gevonden van gezonde personen. Deze zijn respectievelijk 80kg ± 16kg, 360N ± 78N, 49.9kg ± 20.9 kg. Door gebrek aan informatie over de proefpersonen (leeftijd, geslacht) kunnen de gegevens niet met elkaar vergeleken worden. Ook omdat de eenheid waarin de referentiewaarden worden weergegeven verschillend is kan niet gekeken worden of deze waarden overeen komen. De waarden in de Biodex tabel worden in newton weergegeven, evenals de referentiewaarden in het artikel van Gosselink e.a.¹⁴. De referentiewaarden in de artikelen van Bernard e.a.³ en Hamilton¹⁶ staan uitgedrukt in kilogrammen. Omdat de eenheid waarin de referentiewaarden staan weergegeven niet eenduidig is en door gebrek aan informatie over de proefpersonen kan hier niets met elkaar vergeleken worden. Een conclusie is dan ook dat aan de gegevens misschien wel waarde aan kan worden gehecht maar dat het erg onduidelijk blijft.

De aanbevelingen die gedaan worden naar aanleiding van de vorige artikelen^{3,4,12,14,16,25} zijn, dat er nog onderzoek gedaan moet worden naar de referentiewaarden van de handknijpkracht, naar de referentiewaarden van de kracht van de m. Quadriceps femoris en naar de referentiewaarden van de kracht van de m. Biceps brachii¹¹.

Referentiewaarden bij COPD-patiënten.

Er zijn geen artikelen gevonden over de referentiewaarden van de handknijpkracht, de m. Biceps brachii en de m. Quadriceps femoris bij COPD-patiënten. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen. Ten eerste kan het zijn dat er weinig of geen onderzoek gedaan is naar referentiewaarden bij COPD-patiënten. Verder kan het zijn dat er weinig of geen literatuur over dit onderwerp gepubliceerd is, of dat de literatuur die hierover geschreven

is van voor 1990 is. Naar artikelen voor 1990 is namelijk niet gezocht. Ten tweede kan het zijn dat de gebruikte keywords en databases niet aansloten bij het betreffende onderwerp. In de gevonden literatuur^{3,14,16} zijn voor de m. Quadriceps femoris referentiewaarden gevonden van COPD-patiënten. Deze zijn respectievelijk $58\text{kg} \pm 15\text{kg}$, $366\text{N} \pm 107\text{N}$, $40.9\text{kg} \pm 19.9\text{kg}$. Door gebrek aan informatie over de proefpersonen (leeftijd, geslacht) kunnen de gegevens niet met elkaar vergeleken worden. Ook omdat de eenheid waarin de referentiewaarden worden weergegeven verschillend is kan niet gekeken worden of deze waarden overeen komen. Van de handknijpkracht en de kracht van de m. Biceps brachii zijn in de gebruikte artikelen helemaal geen referentiewaarden van COPD-patiënten gevonden. Hierover kan helemaal geen uitspraak gedaan worden. De aanbevelingen die gedaan worden, spreken voor zich: er moet onderzoek gedaan worden naar referentiewaarden van de handknijpkracht, de m. Quadriceps femoris en de knijpkracht van de m. Biceps brachii bij COPD-patiënten. Dit is belangrijk om meet- of onderzoeksresultaten van COPD-patiënten te kunnen vergelijken met gezonde leeftijdsgenoten. Over de verschillen tussen de referentiewaarden van de drie testen van gezonde personen en de COPD-patiënten, die aangetoond moesten worden, kan dus door gebrek aan informatie helemaal niks gezegd worden.

§ 5.4 Perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten

Deze paragraaf geeft de discussie, beperkingen en conclusies weer met betrekking tot de afname van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Voor de score van de artikelen die zijn gebruikt, wordt er verwezen naar de methodologische scoringslijst. (zie bijlage II).

Negen artikelen tonen aan dat er sprake is van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten. Er zijn artikelen die specifiek onderzoek hebben gedaan naar perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten, deze artikelen zijn: Casaburi⁶, Gosselink e.a.¹⁴, Hamilton e.a.¹⁶, Heuts³², Maltais e.a.²⁰. In de artikelen van Bernard e.a.³, Engelen e.a.⁹, O'Donnel e.a.²¹ en Serres e.a.²³ was het geen specifiek doel om perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten aan te tonen. In deze artikelen was het nodig om voorafgaand aan het onderzoek de perifere spierkracht van de proefpersonen te meten. Deze metingen lieten ook zien dat er sprake was van een verminderde spierkracht ten opzichte van gezonde proefpersonen of referentiewaarden. Uit de resultaten en uit de conclusies van de artikelen kan de conclusie worden getrokken dat perifere spierkracht bij COPD-patiënten is afgenomen^{3,6,9,14,16,32,20}. Deze conclusie wordt getrokken op basis van de resultaten en conclusies uit negen artikelen^{3,6,9,14,16,32,20,21,23}. Er kan met zekerheid gesteld worden dat er perifeer spierkrachtverlies is bij COPD-patiënten.

Duurkracht of maximale kracht

Er is middels onderzoek aangetoond dat er sprake is van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten^{3,6,9,14,16,32,20,21,23}. In sommige van de artikelen wordt onderscheid gemaakt tussen duur- en maximale kracht. O'Donnel e.a.²¹ en Serres e.a.²³ hebben de duurkracht van de perifere skeletspieren onderzocht. Zij concluderen dat er sprake is van perifeer spierkrachtverlies. Aangezien zij in de methode aangeven dat het duurkracht betreft, kan aangenomen worden dat zij in hun conclusie spreken van afname van de duurkracht van perifere skeletspieren. Dit komt overeen met de conclusie van Heuts³². Zij concludeert in een reviewartikel dat vooral de duurkracht bij COPD-patiënten is afgenomen. Serres e.a.²³ hebben ook nog de maximale kracht onderzocht, maar concluderen niet dat deze is afgenomen. Bernard e.a.³ en Engelen e.a.⁹ hebben ook onderzoek gedaan naar de maximale kracht van de perifere skeletspieren. Zij concluderen in tegenstelling tot Serres e.a.²³ dat de maximale kracht echter wel is afgenomen. Uit het bovenstaande kan echter nog steeds niet worden gezegd of de duurkracht of de maximale kracht is afgenomen bij COPD-patiënten. Er zijn drie artikelen

gevonden die aantonen dat de duurkracht is afgenomen bij COPD-patiënten^{32,21,23}. Twee artikelen tonen aan dat de maximale kracht is afgenomen bij COPD-patiënten^{3,9}, echter in een artikel²³ is de maximale kracht getest, maar er kon niet worden aangetoond dat deze was afgenomen.

Mogelijke oorzaken voor perifeer spierkrachtverlies

Naast het feit dat er in de artikelen aangetoond wordt dat er sprake is van spierkrachtverlies bij COPD-patiënten, worden er een aantal mogelijke oorzaken voor perifeer spierkrachtverlies genoemd. Deze zijn: chronische hypoxie^{3,14}, inactiviteit^{9,14}, gebruik van corticosteroïden^{3,9,14}, hartfalen¹⁴ en ondervoeding^{3,14}. In de artikelen is echter geen specifiek onderzoek naar de mogelijke oorzaken gedaan. Hierdoor is de oorzaak van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten nog steeds niet duidelijk. Hier zou verder onderzoek naar gedaan moeten worden. Duurkracht maakt gebruik van de aërobe stofwisseling. Dit wil zeggen dat er zuurstof nodig is om energie vrij te maken. Maximale kracht is gebaseerd op de anaërobe stofwisseling. Hiervoor is weinig tot geen zuurstof nodig om energie vrij te maken. (Fox²⁹, 1995, pag. 235-236) De conclusie dat de duurkracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten is afgenomen, wordt in drie artikelen getrokken^{32,21,23}. Tot de mogelijke oorzaken van perifeer spierkrachtverlies bij COPD-patiënten behoort chronische hypoxie^{3,14}. Chronische hypoxie betekent chronisch zuurstof tekort in weefsels. De opname van zuurstof in het bloed is erg laag¹³. Aërobe stofwisseling kan hierdoor niet goed plaatsvinden. Omdat er hierboven geconstateerd is dat duurkracht aëroob verloopt, lijkt het logische dat de duurkracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten is afgenomen. De hierboven beschreven veronderstellingen maken het zeer aannemelijk dat de duurkracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten is afgenomen.

Afspiegeling perifere skeletspieren

In alle artikelen die er gebruikt zijn, wordt er gesproken over een afname van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten^{3,6,9,14,16,32,20,21,23}. Echter in alle artikelen worden verschillende spieren getest op perifere spierkracht, er wordt niet uitgelegd waarom juist deze spieren getest zijn. Het vergelijken tussen de resultaten van de artikelen wordt hierdoor moeilijk gemaakt. In § 5.1 wordt er beschreven dat het nog onduidelijk is welke spieren garant staan voor een goede afspiegeling van alle perifere skeletspieren. Afgevraagd kan worden of dan wel de juiste spieren getest zijn om de conclusie te trekken dat er een afname is van perifere spierkracht bij COPD-patiënten. Mag de conclusie dat perifere spierkracht in het algemeen is afgenomen, dan getrokken worden? Het kan van een andere kant bekeken worden; juist omdat er bij zoveel verschillende spieren is aangetoond dat er sprake is van krachtsverlies, zou de conclusie kunnen worden getrokken dat er inderdaad bij alle perifere skeletspieren sprake is van krachtafname. Er zijn ruim voldoende artikelen^{3,6,9,14,16,32,20,21,23} gevonden die aantoonden dat er sprake is van spierkrachtverlies, er zijn echter niet veel artikelen gevonden waarin dezelfde spieren werden getest. Er moet dus nog verder onderzoek gedaan worden welke spier of spieren een betrouwbaar beeld geven van de kracht van skeletspieren in het algemeen (zie § 5.1).

Hoofdstuk 6 Discussie en conclusie trainingsprincipes

§ 6.1 Spiervezels bij COPD-patiënten

In § 5.3 is aangetoond dat er bij COPD-patiënten krachtverlies is van perifere skeletspieren. Er is gekeken of deze afname van spierkracht in verband staat met fysiologische en morfologische veranderingen in de spiervezels bij COPD-patiënten.

Bij COPD-patiënten is een toename te zien van het percentage type II-vezels en een afname van het percentage type I-vezels^{6,18,19,20,22,24}. In drie wetenschappelijke onderzoeken, waarin dit vermeld staat, zijn resultaten gehaald uit analyse van bipten van de m. Vastus lateralis of m. Quadriceps femoris^{18,19,22}. Ook in een review wordt een gereduceerd percentage type I-vezels in de m. Quadriceps femoris beschreven²⁴. Het kan zijn dat de spierbipten informatie geven over de veranderde verhouding in spiervezels, maar dat deze veranderingen niet geheel representatief hoeven te zijn voor de spiermassa van het gehele lichaam of zelfs voor de onderste extremiteit. Twee artikelen melden een toename van het percentage type II-vezels in het algemeen, dus niet van een specifieke spiergroep^{6,20}. Het betreft hier slechts twee artikelen, waardoor niet geconcludeerd kan worden dat bij COPD-patiënten in alle skeletspieren het percentage type II-vezels toeneemt en het percentage type I-vezels afneemt. Er kan alleen geconcludeerd worden dat dit plaatsvindt in de m. Vastus lateralis en in de m. Quadriceps femoris. De aanbeveling wordt gedaan om te onderzoeken of deze verschuiving in de verhouding van spiervezels in alle perifere skeletspieren plaatsvindt.

Het is voor deze studie van belang om te weten wat er bij het ouder worden gebeurt, omdat het bij COPD-patiënten ook vaak om oudere patiënten gaat. In veel van de studies, die voor dit project gebruikt worden, is de gemiddelde leeftijd van de COPD-patiënten boven de 60 jaar. In twee artikelen en een boek wordt aangegeven dat er aanwijzingen zijn dat bij het ouder worden juist het aantal type II-vezels vermindert^{17,20,30}. In twee andere artikelen staat beschreven dat meer recente onderzoeken aantonen dat er als gevolg van veroudering geen veranderingen in de vezeltypen optreden^{19,22}. Omdat deze resultaten elkaar tegenspreken kan er niet geconcludeerd worden dat het aantal type II-vezels vermindert als gevolg van het verouderingsproces bij gezonde personen. Bij COPD-patiënten treedt in ieder geval in de m. Quadriceps femoris en de m. Vastus lateralis een toename van type II-vezels op, wat dus afwijkt van het normale verouderingsproces^{17,20,30}. Er kan aangenomen worden dat de verandering in verhouding van vezeltypen bij COPD-patiënten niet het gevolg kan zijn van een natuurlijk verouderingsproces.

In twee wetenschappelijke onderzoeken waren COPD-patiënten significant ouder dan de personen in de controlegroep^{19,22}. In een derde wetenschappelijk onderzoek worden geen leeftijden genoemd¹⁸. Doordat aangenomen kan worden dat de verandering in verhouding van vezeltypen bij COPD-patiënten niet het gevolg is van een natuurlijk verouderingsproces, wordt verwacht dat het significante leeftijdsverschil geen invloed heeft op resultaten. Er zou meer waarde aan de resultaten gehecht kunnen worden als er geen significant leeftijdsverschil bestond.

Er moet nog verder onderzoek gedaan worden naar de verandering in spiervezels bij gezonde oudere personen, om tot een goed vergelijk te komen met COPD-patiënten.

In twee artikelen wordt aangegeven dat er alleen een toename van type IIb-vezels te zien. Naast een afname van type I-vezels is hier ook een afname van type IIa-vezels te zien^{20,22}. Dit is maar in twee artikelen gevonden. De afname van type IIa-vezels is te verwachten, omdat deze

vezels wat betreft stofwisseling in grote mate overeenkomen met type I-vezels (zie § 4.1). Er kan dus voorzichtig worden geconcludeerd, dat niet alle type II-vezels in aantal toenemen, maar dat mogelijk bestaat dat alleen het aantal type IIb-vezels toeneemt, en het aantal type IIa-vezels zelfs afneemt.

Ook wordt in twee artikelen beschreven dat bij patiënten met milde tot matige COPD een kleine overheersing van type I-vezels is te zien, wat volgens de auteurs ook het geval is bij gezonde personen van dezelfde leeftijd. Pas bij patiënten met ernstige COPD is een afname te zien in het percentage type I-vezels^{18,20}. Dit is maar in een beperkt aantal artikelen terug te vinden, dus hier wordt de voorzichtige conclusie aan verbonden, dat pas bij ernstige COPD een afname van type I-vezels optreedt. Hier moet nog verder onderzoek naar gedaan worden.

Er zijn geen duidelijke oorzaken te noemen voor de verschuiving van type I- naar type II-vezels. Wel worden er vermoedens uitgesproken met betrekking tot de oorzaken. In twee onderzoeksartikelen wordt de toenemende inactiviteit bij COPD-patiënten als mogelijke oorzaak vermeld^{19,22}. Daarnaast wordt ook het verminderde zuurstofaanbod als mogelijke oorzaak gemeld²². Er valt op dit moment nog geen oorzaak aan te wijzen voor de verschuiving in de verhouding van spiervezels. Ook dit moet nog verder onderzocht worden.

De dichtheid van capillairen bij COPD-patiënten is verminderd^{6,19}. Capillairen zorgen voor de toevoer van zuurstof en voedingsstoffen. In het wetenschappelijke onderzoek van Jobin e.a.¹⁹ is het aantal capillairen per mm² en per spiervezel in de m. Vastus lateralis onderzocht. Dat was significant lager bij COPD-patiënten in vergelijking met gezonde personen uit een controlegroep. In deze studie zijn COPD-patiënten gemiddeld zeven jaar ouder dan de personen in de controlegroep. In een periode van zeven jaar verandert bij gezonde mensen weinig wat betreft de dichtheid van capillairen¹⁹. Het leeftijdsverschil zal daarom geen grote invloed hebben op de resultaten.

De concentratie aërobe enzymen is verminderd bij COPD-patiënten maar de concentratie anaërobe enzymen niet^{6,24}. Bij een lagere inspanning wordt meer melkzuur geproduceerd bij COPD-patiënten dan bij gezonde individuen^{6,19}, hiermee kan samenhangen dat de inspanningstolerantie is afgenomen bij COPD-patiënten^{6,19,22,24}. Dit zijn slechts voorzichtige uitspraken over de enzymconcentratie en melkzuurproductie bij COPD-patiënten, omdat hiervoor niet voldoende artikelen gevonden zijn. Met iets meer zekerheid kan gesteld worden dat er sprake is van inspanningsintolerantie bij COPD-patiënten.

§ 6.2 Spierkracht als behandelbare grootheid bij COPD-patiënten

In drie artikelen werd bij COPD-patiënten spierkrachtverbetering gevonden als gevolg van training^{2,8,21}. Zij gebruikten echter niet allemaal dezelfde meetinstrumenten om eventuele verbeteringen in spierkracht te meten. De waarden die zij gevonden hebben zijn dus niet direct met elkaar te vergelijken. Wel geven alle onderzoeken een significante verbetering van spierkracht aan ten opzichte van een controlegroep die geen training heeft gehad. Hieruit kan worden geconcludeerd dat training een verbetering van de perifere skeletspierkracht tot gevolg heeft bij COPD-patiënten.

Het is belangrijk om te weten of de afname van spierkracht een belemmering vormt in het functioneren van COPD-patiënten. Wanneer de patiënt niet belemmerd wordt in zijn functioneren, is er geen sprake van een hulpvraag. In dat geval is er geen sprake van een behandelbare grootheid. In een artikel wordt gesteld dat een verminderde skeletspierfunctie

een belangrijke beperkende factor is bij COPD-patiënten⁷. Er zijn aanwijzingen dat COPD-patiënten belemmerd worden door dun spierkrachtverlies.

Uit de resultaten van de gevonden artikelen wordt de aanbeveling gedaan om verbetering van de spierkracht van perifere skeletspieren in te passen in de behandeling van COPD-patiënten^{7,8,15,21,24}. Hierboven staat de conclusie dat als gevolg van training een toename in de perifere spierkracht kan optreden^{2,8,21}. Tevens werd eerder geconcludeerd dat er bij COPD-patiënten sprake is van krachtverlies van perifere skeletspieren^{3,6,9,14,16,32,20,21,23} (zie § 5.3). Vanuit deze redeneringen wordt de conclusie getrokken dat verbetering van perifere spierkracht een behandelbare grootheid is bij COPD-patiënten.

Andere resultaten die optreden als gevolg van training zijn een afname van de atrofie van de bovenbeenspieren⁵, toename van het algemene uithoudingsvermogen^{8,21}, duurkracht⁸, herstel van de oxidatieve capaciteit in de perifere skeletspieren en daardoor een verbetering van de inspanningstolerantie^{5,8,24}, verbeterde functie van de ademhalingsspieren, verbeterd ademhalingspatroon, longhyperinflatie, vermindering van angst, vermindering benauwdheid^{5,8}, verbetering van de maximaal getolereerde arbeid, verbetering van de functionele capaciteit, verbetering van de kwaliteit van leven en een toegenomen gevoel van controle over de ziekte⁸. Er is niet specifiek onderzoek gedaan naar de effecten van training op bovenstaande veranderingen. Het zijn bijkomende resultaten die geconstateerd werden bij onderzoek naar verbetering van perifere spierkracht. Aangezien de gevonden resultaten per onderzoek nogal verschilden, wordt de aanbeveling gedaan, dat er onderzoek gedaan moet worden naar de effecten van training specifiek op bovenstaande trainingseffecten.

§ 6.3 Aanbevelingen voor een trainingsprogramma

Om aanbevelingen te doen voor een trainingsprogramma ter verbetering van perifere spierkracht bij COPD-patiënten is eerst gekeken in hoeverre de trainingsprincipes op vezelniveau bij gezonde individuen van toepassing zijn op COPD-patiënten. Daarnaast is gekeken in hoeverre eerdere trainingsprogramma's verbetering van perifere spierkracht tot gevolg heeft gehad. Er is dan met name gelet op de trainingsparameters die hierbij gebruikt zijn.

In twee artikelen wordt beschreven dat bij COPD-patiënten door training de aërobe stofwisseling verbetert^{20,24}. Dit gebeurt onder andere door een toename van het aantal mitochondria en de aërobe enzymactiviteit. Ook wordt beschreven dat bij COPD-patiënten na een trainingsprogramma de activiteit van de enzymen voor de aërobe stofwisseling verbetert en dat het aantal capillairen toeneemt, zowel in type I-vezels als in type IIa-vezels²⁰. Er wordt een afname van de melkzuurconcentratie in het bloed geconstateerd²⁴. Door deze effecten verbetert het aërobe vermogen, wat overeen komt met de effecten die optreden na training bij gezonde mensen^{27,29}. Er kan geconcludeerd worden dat bij COPD-patiënten als gevolg van training in grote lijnen dezelfde effecten optreden als bij gezonde individuen..

Fox e.a.²⁹ geven aan dat er aanwijzingen zijn voor de specifieke hypertrofie van type I- of type II-vezels na een bepaalde training bij gezonde mensen (zie § 4.2). Dit zou inhouden dat door een training, waarbij maximaal kracht getraind wordt, voornamelijk de type II-vezels hypertrofiëren en na duurkrachttraining de type I-vezels²⁹. Ook Serres e.a.²⁴ vermelden o.a. dat duurtraining leidt tot specifieke hypertrofie van type I-vezels. Aangezien het om aanwijzingen gaat, kan er geen conclusie aan verbonden worden. Het is aannemelijk dat er getraind wordt

op duurkracht, wanneer men met de training wil bereiken dat de kracht van type I-vezels toeneemt.

Bij COPD-patiënten neemt de hoeveelheid type I-vezels af^{18,19,22} en daarom moet een trainingsprogramma gericht zijn op het trainen van type I-vezels, en dus op duurkrachttraining. Dit kan, net als bij gezonde mensen, niet met zekerheid gezegd worden. Of training zorgt voor een specifieke hypertrofie van type I- of type II-vezels moet verder onderzocht worden.

Fox e.a.²⁹ geven aan dat er nog steeds wordt aangenomen dat door training geen omzetting plaatsvindt van type I- in type II-vezels en vice versa. Toch wordt hier steeds meer aan getwijfeld, omdat blijkt dat het percentage type II-vezels toeneemt na sprinttraining en het percentage type I-vezels toeneemt na duurtraining²⁹. Alleen Maltais e.a.²⁰ beschrijven een toename van het aantal type I-vezels na training bij COPD-patiënten. Ook hiervoor bestaan alleen maar aanwijzingen. Er moet nog meer onderzoek gedaan worden naar de invloed van training op de omzetting van spiervezeltypes.

Er zijn acht artikelen gevonden waarin aanbevelingen worden gedaan wat betreft trainingsparameters ter verbetering van perifere spierkracht bij COPD-patiënten. Naar aanleiding van voorgaande conclusies zal er met name gekeken worden naar de trainingsparameters met betrekking tot training van duurkracht. Deze parameters worden vergeleken met de parameters die gebruikt worden bij gezonde personen.

Er zijn twee artikelen die de effecten van training op spierkracht bij COPD-patiënten hebben onderzocht, en hierbij de trainingsparameters duidelijk hebben vermeld.

Clark e.a.⁸ hebben COPD-patiënten dagelijks laten trainen op duurkracht. De duur van een serie oefeningen werd opgevoerd van 30 seconden naar 45 en 60 seconden. Het aantal herhalingen nam hier bij significant toe, gemiddeld een toename van 24 herhalingen, ten opzichte van een controlegroep (die geen training onderging), gemiddeld slechts een toename van 1-2 herhalingen.

Bernard e.a.² vergeleken een groep COPD-patiënten die alleen het algemene uithoudingsvermogen trainde, met een groep die hiernaast ook nog krachttraining onderging. De krachttraining bestond uit drie keer per week trainen, met drie sets van 8-10 herhalingen. Er werd getraind met een intensiteit van 60%. Na de trainingsperiode was de spierkracht in de groep met krachttraining significant meer toegenomen in vergelijking met de groep zonder krachttraining.

Gosselink e.a.¹⁵ schrijft in een review dat er getraind dient te worden in drie series van tien herhalingen met een intensiteit van 60%.

Bovengenoemde artikelen hebben niet beschreven of het doel van de training verbetering van de duurkracht was. Aan de hand van de gekozen parameters wordt aangenomen dat Clark e.a.⁸ hier wel voor gekozen hebben. Bernard e.a.² en Gosselink e.a.¹⁵ lijken te hebben gekozen voor een intensiteit tussen maximaal kracht en duurkracht in. De resultaten zijn onderling niet met elkaar te vergelijken omdat de gevonden resultaten zowel in toename van kracht² als in toename van het aantal herhalingen⁸ is weergegeven. Er is eerder geconcludeerd dat COPD-patiënten het beste getraind kunnen worden op duurkracht, omdat daarmee mogelijk de type I-vezels worden getraind. Er moet nog meer onderzoek worden verricht naar de effecten van duurkrachttraining op COPD-patiënten alvorens harde conclusies getrokken kunnen worden.

In vijf artikelen waarin de intensiteit wordt besproken^{2,5,7,14,21} wordt aangegeven dat een submaximale intensiteit, dan wel de, voor de patiënt, hoogst verdraagbare intensiteit het meest effectief is bij COPD-patiënten. Deze stelling wordt tegengesproken door slechts één

reviewartikel¹⁵. De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de hoogst haalbare intensiteit nagestreefd moet worden.

Bij gezonde personen ligt deze op 60% van het 1 HM^{27,30}. Hiernaar zou ook gestreefd kunnen worden bij COPD-patiënten. Het kan zijn dat deze intensiteit bij COPD-patiënten niet haalbaar is, vanwege de verminderde inspanningstolerantie.

Ook de stelling dat bij een onvoldoende mate van intensiteit geen significante verbetering optreedt in de maximaalkracht en de duurkracht¹⁴ bij COPD-patiënten ondersteunt de keuze van een hoge intensiteit.

In drie artikelen wordt de frequentie van het aantal trainingen per week vastgesteld op 3 keer^{2,14,21}. Dit wordt slechts tegengesproken door één artikel⁸, waarin 1 keer per week getraind wordt. Bij gezonde personen moet 2 tot 3 keer per week getraind worden om de kracht van de perifere skeletspieren te trainen^{27,30}. Er kan geconcludeerd worden dat dezelfde frequentie geldt voor COPD-patiënten.

In geen enkel artikel wordt bij de beschrijving van de duur van de trainingssessies een zelfde waarde aangegeven. Hierdoor kan een conclusie moeilijk worden weergegeven.

Lokale, perifere trainingsvormen worden besproken in drie artikelen. Bij één van deze artikelen wordt ook de motivatie beschreven dat lokale perifere trainingsvormen beter worden getolereerd vanwege de lagere belasting op de al beperkte respiratoire functies⁸. Slechts één onderzoek heeft een groep met totale lichaamstraining vergeleken met een groep die hiernaast ook krachttraining kreeg². De spierkracht nam significant meer toe in de groep met alleen krachttraining. In twee artikelen^{21,10} wordt gemeld dat algemene, aspecifieke training het beste resultaat geeft. De keuze voor deze totale lichaamstraining wordt niet gemotiveerd. Er wordt geconcludeerd dat lokale, perifere training de beste keuze is voor COPD-patiënten. Deze keuze wordt gemaakt vanwege het aantal artikelen die de keuze voor lokale, perifere training ondersteunt, en de motivatie die hierbij gegeven wordt^{2,8,15}.

Niet alle conclusies met betrekking tot de trainingsparameters ter verbetering van de duurkracht bij COPD-patiënten kunnen met zekerheid gesteld worden. Er kunnen aan de hand van de resultaten wel voorzichtige aanbevelingen gedaan worden met betrekking tot de trainingsparameters.

Ter verbetering van de kracht van perifere spierkracht bij COPD-patiënten kan het beste gekozen worden de volgende parameters:

- Duurkracht^{27,30}:
 - veel herhalingen; minstens 20
 - korte pauzes; hooguit een minuut
 - lage intensiteit; 60%
- de intensiteit moet bij COPD-patiënten wel zo hoog mogelijk zijn als de patiënt kan verdragen^{2,5,7,14,21}.
- de training moet lokaal, perifeer aangrijpen, dus geen totale lichaamstraining^{2,8,15}.

Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

§ 7.1 Conclusies en aanbevelingen Spierkrachtverlies

Hier volgen in een kort samenvattend hoofdstuk de conclusies en aanbevelingen uit de hoofdstukken 5 en 6. In de eerste paragraaf zullen de conclusies uit hoofdstuk 5 beschreven staan. Paragraaf 7.2 bevat de conclusies en aanbevelingen uit hoofdstuk 6.

Van de meetinstrumenten die bij het COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis gaan worden, is de JAMAR handdynamometer een valide en betrouwbaar meetinstrument, mits de procedure gestandaardiseerd is^{12,25}. Van de Biodex kan ook met enige voorzichtigheid gezegd worden dat het een valide en betrouwbaar meetinstrument is¹¹. De aanbevelingen die hier gedaan worden slaan dan ook voornamelijk op de resultaten van de Biodex. Omdat deze uitspraak gebaseerd is op slechts een artikel, wordt er aanbevolen dat er nog meer onderzoek gedaan moet worden naar de validiteit en betrouwbaarheid van de Biodex. Met de JAMAR handdynamometer en de Biodex gaan worden tijdens het COPD-project in het St. Joseph Ziekenhuis respectievelijk de handknijpkracht, de kracht van de m. Biceps brachii en de kracht van de m. Quadriceps femoris getest. Zij doen dit om aan te kunnen tonen of er na het trainingsprogramma gericht op kracht gewenste verbeteringen van de kracht zijn opgetreden.

Of de handknijpkracht de kracht van de m. Biceps brachii en de kracht van de m. Quadriceps femoris een betrouwbaar beeld geven van de kracht van de perifere skeletspieren in het algemeen, kon door gebrek aan literatuur niet aangetoond worden. De m. Quadriceps femoris wordt vaak als een onderzochte spier aangehaald, hier zou een kanttekening geplaatst kunnen worden dat deze spier een goede afspiegeling is van de kracht van de perifere skeletspieren in het algemeen. Een dringende aanbeveling is op zijn plaats, er moet zeker nog verder onderzocht worden welke spier(en) groep(en) een goede afspiegeling zijn voor perifere skeletspieren in het algemeen.

Om de metingen die gedaan gaan worden, met de JAMAR handdynamometer en de Biodex in het St. Joseph Ziekenhuis, te vergemakkelijken, is het handig om referentiewaarden te hebben. Van de referentiewaarden die in dit verslag staan van de JAMAR handdynamometer kan geconcludeerd worden dat deze juist zijn^{12,25}. Over de referentiewaarden van de Biodex kan door gebrek aan informatie niet echt iets gezegd worden (zie § 5.3). Hier moet nog verder onderzoek naar gedaan worden.

Spierkrachtverlies bij COPD-patiënten zou aangetoond kunnen worden door de referentiewaarden van gezonde personen te vergelijken met de referentiewaarden van COPD-patiënten. Echter zijn er geen referentiewaarden over perifere spierkracht bij COPD-patiënten gevonden. Er kan dus geen vergelijk worden gemaakt met de referentiewaarden van perifere spierkracht bij gezonde personen. Het is nodig dat hier nog onderzoek naar gedaan wordt.

Een van de twee doelen van dit afstudeerproject was een antwoord te vinden op de vraag of er sprake is van een afname in kracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten. Het antwoord hierop is dat er inderdaad sprake is van perifere skeletspierzwakte bij COPD-patiënten^{3,6,9,14,16,32,20,21,23}. Uit de artikelen^{32,21,23} en de mogelijke oorzaak “chronische hypoxie^{3,14}”, wordt de conclusie getrokken dat over het algemeen de duurkracht van de perifere skeletspieren is afgenomen bij COPD-patiënten.

§ 7.2 Conclusies en aanbevelingen Trainingsprincipes

Aangezien alleen aangetoond is dat er een verschuiving in de verhouding van spiervezels in de m. Vastus lateralis en in de m. Quadriceps femoris plaatsvindt^{18,19,22}, moet er nog onderzocht worden of dit voor alle perifere skeletspieren geldt.

Tot nu toe worden COPD-patiënten in veel onderzoeken naar verandering in spiervezels vergeleken met een controlegroep die bestaat uit gezonde individuen die significant jonger zijn. Om tot een goed vergelijk met gezonde individuen te komen, moet er onderzoek gedaan worden, waarin vergeleken wordt met een controlegroep die gemiddeld even oud is.

COPD-patiënten worden belemmerd in hun functioneren door verlies van spierkracht. Als gevolg van training kan de spierkracht, net als bij gezonde individuen, bij COPD-patiënten weer toenemen^{3,8,21}. Hieruit wordt geconcludeerd dat spierkracht een behandelbare grootheid is bij COPD-patiënten.

Er moet nog meer onderzoek gedaan worden naar de invloed van training op de omzetting van spiervezeltypes.

Bij COPD-patiënten neemt de hoeveelheid type I-vezels af^{18,19,22} en daarom moet een trainingsprogramma gericht zijn op het trainen van type I-vezels, en dus op duurkrachttraining.

Ter verbetering van de kracht van perifere spierkracht bij COPD-patiënten kan het beste gekozen worden de volgende parameters:

- duurkracht^{27,30}:
 - veel herhalingen; minstens 20
 - korte pauzes; hooguit een minuut
 - lage intensiteit; 60%
- de intensiteit moet bij COPD-patiënten wel zo hoog mogelijk zijn als de patiënt kan verdragen^{2,5,7,14,21}.
- de training moet lokaal, perifeer aangrijpen, dus geen totale lichaamstraining^{2,8,15}.

Hoofdstuk 8 beperkingen

Een van de grootste beperkingen van dit onderzoek is dat de studenten geen ervaring hebben in het uitvoeren van een literatuurstudie. Hierdoor kost het ontdekken van de beste werkwijze veel tijd. Mede hierdoor is de tijd die staat voor het uitvoeren van dit afstudeerproject ook aan de korte kant.

Er is niet altijd op een gestructureerde manier naar literatuur gezocht, waardoor veel tijd verloren ging. Over sommige onderwerpen was geen of maar een beperkte hoeveelheid literatuur te vinden. Daarnaast zijn er veel reviewartikelen gevonden die van slechte methodologisch kwaliteit zijn (zie bijlage II).

Er is alleen naar literatuur gezocht en niet naar andere bronnen. Andere mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld het benaderen van ziekenhuizen of astmacentra zijn niet gebeurd. Op deze plaatsen zou bijvoorbeeld nog wel informatie te vinden zijn over bestaande trainingsprogramma's voor COPD-patiënten.

Hoofdstuk 9 Literatuurlijst

Tijdschriftartikelen

1. Bekkering, G.E., Cambach, W., Hendriks, H.J.M., Chadwich-Stravert, R.V.M., Gosselink, R., Jongmans, M., Paterson, W.J., van der Schans, C.P., Verhoef-de Wijk, M.C.E., Decramer, M.,
Revalidatie bij patiënten met COPD: een systematische literatuurstudie.
Nederlands tijdschrift voor fysiotherapie, 1998, 5, 120-127.
2. Bernard, S., Whittom, F., Leblanc, P., Robin, J., Belleau, R., Bérubé, C., Carrier, G., Maltais, F.,
Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease.
American journal of respiratory and critical care medicine, 1999, 159 (3), 896-901.
3. Bernard, S., Leblanc, P., Whittom, F., Carrier, G., Jobin, J., Belleau, R., Maltais, F.
Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease.
American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1998, 158 (2), 629-634
4. Biodex.
Current recorded normative goals,
The Biodex norm active goals, 1998.
5. Bourjeily, G., Rochester, C.L.,
Exercise training in Chronic Obstructive Pulmonary Disease.
Clinics in Chest Medicine, 2000, 21(4), 763-781.
6. Casaburi, R.,
Skeletal muscle function in chronic obstructive pulmonary disease (COPD).
Chest, mei 2000, 117, 267S- 271S.
7. Clark, C.J.,
Is pulmonary rehabilitation effective for patients with COPD?
The Lancet, 1996, 348, 1111-1112.
8. Clark, C.J., Cochrane, L., Mackay, E.,
Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD.
European Respiratory Journal, 1996, 9, 2590-2596.
9. Engelen, M.P.K.J., Schols, A.M.W.J., Does, J.D., Wouters, E.F.W.
Skeletal muscle weakness is associated with wasting of extremity fat-free mass but not with airflow obstruction in patients with chronic obstructive pulmonary disease.
American Journal of Clinical Nutrition, Volume 71, Number 3, 733-738, March 2000.
10. European Respiratory Society
Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD)
European Respiratory Journal, 1995, 8, 1398-1420.

Frisciello, S., Gazaille, A., O'Halloran, J., Palmer, M.L., Waugh, D.,
Test-retest reliability of eccentric peak torque values for shoulder medial and lateral rotation
using the Biodex iskinetic dynamometer.
Journal of orthopedic sports physical therapy, 1994, 19 (6), 341-344.

Gilbertson, L., Barber-Lomax, S.
Power and pinch grip strength recorded using the hand-held Jamar Dynamometer and B+L
Hydraulic Pinch Gauge: British normative data for adults.
British Journal of Occupational Therapy, 1994, 57 (12), 483-487.

Gosker, H.R., Wouters, E.F.M., Vusse van der, G.J., Schols, A.M.W.J.,
Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart
failure: underlying mechanisms and therapy perspectives.
American Journal for Clinical Nutrition 2000, 20, 353-360

Gosselink, R., Troosters, T., and Decramer, M.,
Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary
disease.
Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation 2000, 20, 353-360.

Gosselink, R., Decramer, M.,
Revalidatie bij patiënten met chronische obstructieve longziekten, diagnostiek en
fysiotherapie.
Jaarboek fysiotherapie/kinesietherapie 1997.
Houten/Diepen: Born, Stafleu, van Loghum, 46-67

Hamilton, A.L., Killian, K.J., Summers, E., Jones, N.L.
Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory
disorders.
American journal of respiratory and critical care medicine, 1995, 152, 2021-2031.

Huijbregts, P.,
Krachttraining voor de oudere patiënt: een overzichtartikel.
Fysiotherapie en Ouderenzorg, 1997, 12 (3), 2-10.

Jakobsson, L., Jorfeldt, L. Brundin, A.,
Skeletal muscle metabolites and fibre types in patients with advanced chronic obstructive
pulmonary disease (COPD), with and without chronic respiratory failure.
European Respiratory Journal, 1990, 3, 192-196.

Jobin, J., Maltais, F., Doyon, J.F., LeBlanc, P., Simard, P.M., Simmard, A.A., Simard, C.,
Chronic Obstructive Pulmonary Disease: capillarity and fiber-type characteristics of skeletal
muscle.
Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation, 1998, 18, 432-437.

Maltais, F., Le Blanc, P., Jobin, J., Casaburi, R.,
Peripheral muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease.
Clinics in chest medicine, december 2000, 21 (4), 665-677.

O'Donnel, D.E., McGuire, M., Samis, L., Webb, K.E.,
General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance
in chronic airflow limitation
American journal of respiratory and critical care medicine, 1998, 157 (5), 1489-1497.

Satta, A., Migliori, G.B., Spannevello, A., Neri, M., Bottinelli, R., Canepari, M., Pellegrino,
M.A., Reggianni, C.,
Fibre types in skeletal muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients related to
respiratory function and exercise tolerance.
Eur.resp.J 1997, 10 (12), 2853-2860.

Serres, I., Gautier, V., Varray, A., Prefaut, C.,
Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in
COPD patients.
Chest, 1998, 113 (4), 900-905.

Serres, I., Hayot, M., Préfaut, C., Mercier, J.,
Skeletal muscle abnormalities in patients with COPD: contribution to exercise intolerance.
Medicine & science in sports & exercise, 1998, 30 (7), 1029-1027.

Boeken en naslagwerken

Bekkering, G.E., Hendriks, H.J.M., Chadwich-Straver, R.V.M., Gosselink, R., Jongmans, M.,
Paterson, W.J., Schans, C.P. van der, Verhoef-de Wijk, M.C.E., Decramer, M.,
Richtlijn voor het fysiotherapeutisch handelen bij patiënten met chronische obstructieve
longaandoeningen.
Amersfoort: Nederlands Paramedisch Instituut (Npi), 1998.

Brinkman, J.
Onderzoeksmethodologie voor de gezondheidszorg.
Groningen: Wolters-Noordhoff, 1983

Bernards, J.A., Bouman, L.N.,
Fysiologie van de mens
Houten/Diegem: Bohn, Stafleu, van Loghum, 1994.

Buuren van, H., Hummel, H.
Onderzoek als basis.
Groningen: Wolters-Noordhoff, 1997.

Fox, E.L., Bowers, R.W., Foss, M.L.,
Fysiologie voor lichamelijke opvoeding, sport en revalidatie, 4^e herziene druk.
Utrecht: Lemma, 1995.

Gestel, J.L.M. van, Hoeksema-Bakker, C.M.C.,
Paramedische trainingsbegeleiding; trainingsleer en inspanningsfysiologie voor de
paramedicus, deel 1: training van spierkracht en spierfunctie.
Houten/Zaventem: Bohn, Stafleu, van Loghum, 1997.

Groof de, J., Kodde, J., Matic, S., Wisse, M.,

Aërobe testen voor gebruikers van bètablokkers
Onderzoeksverslag Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven,
Opleiding fysiotherapie, 2001

Heuts, P.R.,
Peripheral muscle strength and endurance in chronic obstructive pulmonary disease and
chronic heart failure.
Thesis, 2000.

Marieb, E.N.,
Human anatomy and physiologie.
The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, 1995.

McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L.,
Exercise physiology, energy, nutrition and human performance, derde druk
Philadelphia/London: Lea & Febiger, 1991.

Mol, S.J.M., Wetering van, C.R., Schols, A.M.W.J.,
Protocol, Gerandomiseerde prospectieve studie naar de effectiviteit van een multidisciplinaire
en transmurale behandeling van patiënten met COPD ten opzichte van een behandeling met
uitsluitend medicatie.
Sint Joseph Ziekenhuis, Veldhoven, 2000

Rhoades, Pflanzner,
Human physiology,
Saunders College Publishing, 1992.

Vaessen, M.H.J.,
Aanvullende Diagnostiek
Minisymposium COPD, 2000

Internetpagina

www.fysiotherapie-amsterdam.nl/COPD.html

Bijlagen

Inhoudsopgave		pagina
Bijlage I	FLP-format	55
Bijlage II	Methodologische scoringslijst gebruikte artikelen	63

Project

- ## 1. Projectleider/ Opdrachtgever

- ## 2. Probleemstelling

Voorgeschiedenis:

COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) is lange tijd uitsluitend beschouwd als een orgaanziekte. Recent is echter aangetoond, dat er tevens sprake kan zijn van spierkrachtverlies van zowel de perifere skeletspieren als de ademhalingsspieren (2). Oorzaken hiervan kunnen zijn: chronische hypoxie, ondervoeding en inactiviteit. Deze oorzaken kunnen zorgen voor een verschuiving van type I naar type II vezels. Dit komt doordat de morfologie van deze vezels verschillend is. In een skeletspier dient namelijk onderscheid te worden gemaakt tussen twee verschillende soorten spiervezels (2):

- Type I: deze vezels zijn afhankelijk van zuurstof voor een continue energietoevoer en hebben daardoor een groot uithoudingsvermogen, maar de contractiesnelheid en kracht zijn laag.
- Type II: deze vezels zijn afhankelijk van de al aanwezige energievoorraad en kunnen daardoor snel een grote kracht leveren, maar vermoeidheid treedt er snel op.

Bovengenoemde inzichten betreffende de voedingstoestand en spierfunctie hebben geleid tot een gewijzigd therapeutisch beleid, waarbij voedingstherapie en training een belangrijke rol spelen.

De patiënten krijgen een trainingsprogramma aangeboden dat bestaat uit training van kracht en uithoudingsvermogen van perifere skeletspieren en tevens training van het algemeen uithoudingsvermogen (2).

Als spieren optimaal willen functioneren dan hebben ze continu energietoevoer nodig. De energie wordt geleverd door verbranding van voedsel. Als iemand niet het juiste voedsel tot zich neemt (voedsel met een lage energiewaarde) dan bestaat de kans dat er onvoldoende energie is om een spier optimaal te laten functioneren. Daarom is een nieuwe therapeutische interventie het ontwikkelen van voedingstherapie (2). Patiënten krijgen bij deze vorm van therapie de juiste voedingsmiddelen aangeboden waaruit de energie kan worden gehaald die nodig is voor optimaal functioneren. Deze therapeutische interventies zijn geïntegreerd in het COPD-project van het St. Joseph Ziekenhuis.

De aanleiding van het COPD-project van het St. Joseph Ziekenhuis is:

- De wens om geprotocolleerd handelen in te voeren
- De wens om beschikbare mensen en middelen optimaal te benutten
- De effectiviteit van een multidisciplinaire en transmurale behandeling van patiënten met COPD aantonen¹
- Grootte en groei van de COPD-patiëntengroep. Op grond van bevolkingsonderzoek heeft 10 tot 20% van de Nederlandse bevolking last van astma of COPD. Er zijn geen betrouwbare incidentie- of prevalentiecijfers van COPD afzonderlijk in de open bevolking (6). In Nederland zijn ziekten van de ademhalingswegen met 8% nu al de derde doodsoorzaak, na hart- en vaatziekten (42%) en kanker (27%). Verder zal er door de vergrijzing en de verbeterde aandacht voor (vroeg)diagnostiek het aantal COPD-patiënten in Nederland, bij een gelijkblijvend percentage rokers, de komende tien jaar naar verwachting met 35% toenemen (6).

In het kader van het COPD-project van het St. Joseph Ziekenhuis start er een onderzoek naar mogelijk spierkrachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten (zie bijlage 2). De perifere spierkracht wordt bij aanvang en bij tussentijdse evaluaties gemeten met behulp van de volgende drie testen:

- Meten van de handknijpkracht, m.b.v. de JAMAR handdynamometer.
- Meten van de spierkracht van de m. Biceps brachii, m.b.v. de Biodex.
- Meten van de spierkracht van de m. Quadriceps femoris, m.b.v. de Biodex.

De aanleiding voor het afstudeerproject:

Vanuit het St. Joseph Ziekenhuis is het initiatief gekomen om vierdejaars fysiotherapiestudenten van Fontys Hogeschool Eindhoven een bijdrage te laten leveren aan een deel van het COPD-project in het kader van een afstudeerproject.

Dit afstudeerproject bestaat uit twee delen:

1. Beschrijven van wetenschappelijke inzichten met betrekking tot krachtverlies van perifere skeletspieren van COPD-patiënten.
2. Aanbevelingen voor een trainingsprogramma voor verbeteren van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten.

Het eerste deel zal zich richten op het aantonen van eventueel spierkrachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten, dit zal gebeuren middels literatuuronderzoek.

Het tweede deel richt zich op het geven van aanbevelingen voor een trainingsprogramma voor verbeteren van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten. Dit leidt tot de volgende hoofdvragen:

Hoofdvraag 1:

Is er sprake van krachtsverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten, en zo ja, wat is de mate hiervan?

Subvragen:

¹ Dit afstudeerproject participeert in dit deel van het COPD-project van het St. Joseph Ziekenhuis.

1. Geven de handknijpkracht, de spierkracht van de m. Biceps brachii en de spierkracht van de m. Quadriceps femoris een betrouwbaar beeld van de kracht van skeletspieren in het algemeen?
2. Wat is de validiteit/betrouwbaarheid van de drie testen?
3. Zijn er referentiewaarden beschikbaar van niet-COPD-patiënten van de drie testen? En welke zijn dit dan?
4. Zijn er referentiewaarden beschikbaar van COPD-patiënten van de drie testen? En welke zijn dit dan?
5. Is er een significant verschil tussen de referentiewaarden van de drie testen van de niet-COPD-patiënten en de COPD-patiënten?
6. Is er krachtverlies van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?

Hoofdvraag 2:

Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van perifere skeletspieren bij COPD-patiënten?

Subvragen:

1. Wat zijn de morfologische en fysiologische eigenschappen van type I en type II vezels bij perifere skeletspieren bij een niet COPD- patiënt?
2. Wat zijn de morfologische en fysiologische eigenschappen van type I en type II vezels bij perifere skeletspieren bij een COPD-patient?
3. Zijn de type I vezels in de spier specifiek trainbaar en zoja, wat zijn de trainingsprincipes m.b.t. de type I vezel?
4. Zijn de type II vezels in de spier specifiek trainbaar en zoja, wat zijn de trainingsprincipes m.b.t. de type II vezel?
5. Is de verandering van type I naar type II vezel reversibel?
6. Is de verandering van type II naar type I vezel reversibel?
7. Is de type I vezel een fysiotherapeutisch behandelbare structuur?
8. Is de type II vezel een fysiotherapeutisch behandelbare structuur?
9. Is de spierkracht van de skeletspieren bij COPD-patiënten een fysiotherapeutisch behandelbare grootheid?
10. Wat zijn de aanbevelingen voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van de perifere skeletspieren van een niet-COPD-patiënt?
11. Wat zijn de aanbevelingen voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van de perifere skeletspieren van een COPD patiënt?

Operante definities:

Betrouwbaarheid: de meetwaarden zijn zo min mogelijk beïnvloedbaar door fouten bij meerdere testen en/of onderzoekers (5).

Biodex: isokinetisch meetapparaat voor spierkracht (in dit geval van de m. Biceps brachii en de m. Quadriceps femoris) (3).

Chronische hypoxie: langzaam, slepende afname van het zuurstofgehalte in de weefsels of in de inademingslucht (1).

COPD: Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Verzamelnaam voor chronische luchtwegobstructies (verstoppingen in de luchtwegen)zoals longemfyseem en chronische bronchitis (1).

M. Biceps brachii: spier in de bovenarm.

M. Quadriceps femoris: spier in het bovenbeen

Morfologie: wetenschap van vorm en bouw van levende organismen (1).

Multidisciplinaire behandeling: behandeling waarbij meerdere zorgverleners uit verschillende beroepsgroepen zijn betrokken, zoals fysiotherapie, verpleging, longartsen.

Orgaanziekte: ziekte van een orgaan, zoals long, nier, lever.

Perifere skeletspieren: spieren in de armen en benen (1).

Referentiewaarden: gemiddelde waarden

Spierkrachtverlies: krachtsvermindering van skeletspieren (in dit geval van COPD-patiënten t.o.v. niet-COPD-patiënten).

Type I vezels: deze vezels zijn afhankelijk van zuurstof en hebben een groot uithoudingsvermogen, ze kunnen niet snel aanspannen waardoor de kracht niet groot is (2).

Type II vezels: deze vezels zijn afhankelijk van de al aanwezige energievoorraad en kunnen daardoor snel een grote kracht leveren, maar ze zijn snel vermoeid. (2).

Validiteit: de mate waaraan de test aan zijn doel beantwoordt (1).

3. Doelstellingen

Beantwoorden van de hoofd- en subvragen.

4. Methode

De methodes die gebruikt gaan worden om de probleemstellingen te beantwoorden zijn:

Hoofdvraag 1:

Subvraag 1 t/m 6 literatuuronderzoek d.m.v. internet en intranet;

- databases:
 - www.paramedisch.org/npi
 - www.nl-menu.nl
 - www.nlm.nih.gov
 - www.doc.online.nl
 - www.bmn.com
- keywords:
 - Nederlands: skeletspieren, handknijpkracht, m. Biceps brachii, m. Quadriceps femoris, referentiewaarden, JAMAR handdynamometer, Biodex, COPD-patiënt, spierkrachtverlies, spierkracht, spieren, krachtsafname, atrofie.
 - Engels: skeletal muscles, hand grip, standard test results, COPD-patient, musclestrength, muscles, strenght, atrophy.

Hoofdvraag 2:

Alle subvragen: literatuuronderzoek d.m.v. internet en intranet; middels bovengenoemde databases.

- keywords:
 - Nederlands: spiervezel, spiervezeltype, morfologie, perifere skeletspieren, trainingsprincipes, trainingsprogramma, COPD-patiënten,
 - Engels: muscle fiber, type of muscle fiber, morphology, skeletal muscles, work-out principles, work-out programme, peripheral skeleton muscles, COPD-patients .

5. Projectproducten

- Productverslag
- Een titel van het project en een korte omschrijving van de inhoud t.b.v. de presentatiemiddag
- Een individueel evaluatieverslag

- De presentatie

Tijd:

6.1 Tijdsplanning + 6.2 fasering projectactiviteiten

Taak/activiteit:	Week/Datum	Naam:
Ontwerpfase:		
Inleveren FLP-format bij coördinator	1 februari 2001	Allemaal
Beoordelingsfase en bijstellingsfase FLP-format	1 februari 2001–1 maart 2001	Allemaal
Versie 4 FLP-format inleveren bij DBG en MBG	17 februari 2001	Allemaal
Bespreken versie 4 FLP-format met MBG	20 februari 2001	Allemaal
Afspraak met opdrachtgever: bespreken FLP-format + plannen van volgende activiteiten en afspraken		Allemaal
Bijstellen versie 4 en inleveren versie 5 FLP-format	20 februari 2001–....	Allemaal
Definitieve Format	...	Allemaal
Voorbereidingsfase	1 februari 2001– 1 maart 2001	
Afspraak DBG + plannen volgende afspraken met DBG		
Realisatiefase	vanaf 26 maart 2001	
Afspraak DBG	3 april 2001 om 10.00 uur	Allemaal
Afspraak opdrachtgever	4 april 2001 om 9.00 uur	Allemaal
Afspraak opdrachtgever	11 april 2001 om 9.00 uur	Allemaal
Ontwerpen van een beoordelingsformulier voor literatuur.	Voor 12 april 2001	Marjolein en Menno
Afspraak DBG	17 april 2001 om 10.00 uur	Allemaal
Afspraak opdrachtgever	18 april 2001 om 9.30 uur	Allemaal
Verzamelen van literatuur voor het beantwoorden van hoofdvraag 1	26 maart 2001– 20 april 2001	Simone en Marjolein
Verzamelen van literatuur voor het beantwoorden van hoofdvraag 2	26 maart 2001– 20 april 2001	Menno en Karlijn
Bespreken van gevonden literatuur met afstudeergroep + maken samenvatting.	In de week van 22 april 2001	Allemaal
Afspraak DBG	26 april 2001 om 10.00 uur	Allemaal

Conclusies trekken uit gevonden literatuur	1 en 2 mei 2001	Hoofdvraag 1: Simone en Marjolein Hoofdvraag 2: Menno en Karlijn
Afronden literatuuronderzoek	2 mei 2001	
Schrijven van algemene inleiding	3 en 4 mei 2001	Menno en Marjolein
Schrijven van inleiding van hoofdvraag 1 en 2	7 en 8 mei 2001	Menno en Marjolein
Schrijven van opzet en methode van hoofdvraag 1 en 2	9 en 10 mei 2001	Simone en Karlijn
Inleveren voorlopig eindproduct	10 mei 2001 voor 15.00 uur	
Schrijven van Resultaten van hoofdvraag 1 en 2	10 mei 2001– 15 mei 2001	Literatuur hoofdvraag 1: Marjolein en Simone Literatuur hoofdvraag 2: Menno en Karlijn
Schrijven van discussie en conclusie van hoofdvraag 1 en 2	10 mei 2001– 15 mei 2001	Hoofdvraag 1: Simone en Marjolein Hoofdvraag 2: Menno en Karlijn
Inleveren eindproduct	15 mei 2001 voor 15.00 uur	
Bijstellen verslag	17 mei 2001– 24 mei 2001	
Korte omschrijving van de inhoud van het project schrijven.	20 mei 2001– 24 mei 2001	Allemaal
Maken literatuurlijst	21 mei 2001– 25 mei 2001	Menno en Simone
Schrijven voorwoord	21 mei 2001– 25 mei 2001	Menno en Simone
Schrijven samenvatting (ook Engelstalige versie samenvatting)	21 mei 2001– 25 mei 2001	Marjolein en Karlijn
Maken titelblad	21 mei 2001– 25 mei 2001	Menno en Simone
Samenvoegen bijlagen	21 mei 2001– 25 mei 2001	Marjolein en Karlijn
Schrijven inhoudsopgave	21 mei 2001– 25 mei 2001	Marjolein en Karlijn
Inleveren verslag en bespreken met DBG	21 mei 2001– 24 mei 2001	
Inleveren titel van het project en een korte omschrijving van de inhoud t.b.v. de presentatiemiddag.	24 mei 2001	
Bijstellen verslag	25 mei 2001– 30 mei 2001	
Inleveren eindproduct (uitdraai in drievoud + file op floppy, incl. Engelstalige summary)	31 mei 2001	
Vorbereiden presentatie	28 mei– 8juni 2001	Allemaal
Proefpresentatie	Tussen 9 en 11 juni 2001	Allemaal
Bijstellen presentatie	12 en 13 juni 2001	Allemaal

Presentatie afstudeerproject	14 juni 2001	Allemaal
Nazorgfase:		
Schrijven individueel evaluatieverslag	28 mei– 7 juni	Allemaal
Inleveren individueel evaluatieverslag (in tweevoud) bij coördinator.	7 juni 2001	Allemaal
Individuele gesprekken met DBG	Tussen 15 en 20 juni 2001	Allemaal

6.3. Begeleiding:

- Minimaal 1x per 2 weken contact opnemen met opdrachtgever.
- Minimaal 1x per 2 weken contact opnemen met DBG.
- Indien nodig contact opnemen met MBG.

7. Begrote kosten

- Totaal geschatte kosten: f325,00
 - Literatuuronderzoek: print- en kopieerkosten: f75,00
 - Literatuuronderzoek: kosten van downloaden van artikelen f50,00
 - Eindverslag: print- en kopieerkosten: f75,00
 - Eindverslag: inbinden: f75,00
 - Onvoorziene kosten: f50,00
 - Printen, kopiëren en inbinden zal op kosten van het St. Joseph Ziekenhuis plaatsvinden in het St. Joseph Ziekenhuis.

8. Kwaliteitseisen

- Functionele eisen:
 - Literatuuronderzoek naar de mate van krachtverlies van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten: conclusies op basis van ten minste drie kwalitatief goede artikelen per onderwerp (de methodologische kwaliteit wordt getoetst door een beoordelingsformulier)
 - Aanbevelingen voor een trainingsprogramma ter verbetering van de kracht van de perifere skeletspieren bij COPD-patiënten: aanbevelingen m.b.t. spiergroepen, frequentie, duur en intensiteit.
- Operationele eisen:
 - Voldoen aan de functionele eisen en randvoorwaarden.
- Randvoorwaarden:
 - Zie reader afstudeerproject, studiehandleiding OP 12-16 nr. 9258 bladzijde 16.
- Ontwerpbeperkingen:
 - Niet voldoende literatuur kunnen vinden.

9. Voorlopige Literatuur

Artikelen en boeken

Coelho, M.B., Zakwoordenboek der geneeskunde, 24^e geheel herziene druk. Arnhem: P.B.N.A., 1993.

Heuts, P.R., Peripheral muscle strength and endurance in chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure. Thesis, juli 2000.

Mol, Drs. S.J.M., Protocol: gerandomiseerde prospectieve studie naar de effectiviteit van een multidisciplinaire en transmurale behandeling van patiënten met COPD ten opzichte van een behandeling met uitsluitend medicatie. Longziekten, fysiotherapie, diëtetiek, St. Joseph Ziekenhuis, Veldhoven, 2000, Oktober, 2-8.

Schillings, E., Afstudeerproject Studiehandleiding OP 12-16. Eindhoven: Fontys hogescholen, 1999.

Schillings, E., Vandenboom, H., Wetenschappelijk onderzoek III, reader afstudeerfase (MP 14+15) Eindhoven: Fontys hogescholen, november 1995

Internet-adressen

<http://www.astmafonds.nl/nieuws.copdinfo.phtml>

BIJLAGE II METHODOLOGISCHE SCORINGSLIJST GEBRUIKTE ARTIKELEN

Publicatiedatum: 1990-1995 (½ punt), 1996-2001 (1 punt)
 Aantal proefpersonen: $n \geq 20$ (½ punt), $n \geq 25$ (1 punt)
 In- en exclusiecriteria: moeten vernoemd worden in het artikel (1 punt)
 Randomisatie: wel gerandomiseerd, randomisatieprocedure niet beschreven (½ punt), gerandomiseerd en beschreven (1 punt)
 Beginmeetwaarden: de T_0 waarden staan beschreven met hun eenheid (1 punt)
 Aantal drop-outs: 10-20% (½ punt), < 10% (1 punt)
 Herhaalbaarheid: frequentie, intensiteit en duur van behandelingen staan deels beschreven (½ punt), volledig beschreven (1 punt)
 Statistiek: waarde en standaarddeviatie staan vermeld (1 punt)
 Literatuurselectie: selectieprocedure staat beschreven (1 punt)
 Onderzoeksbeschrijving: geciteerde onderzoeken staan beschreven (1 punt)
 Er kan 0, ½ of 1 punt toegekend worden, of een 'x' als het criterium niet van toepassing is.

Nr	1 ^e Auteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
1	Bekkering	1	x	x	x	x	x	x	x	1	1	3 van 3
2	Bernard (Aerobic and strength...)	1	1	1	½	1	½	1	1	x	x	7 van 8
3	Bernard (Peripheral muscle...)	1	1	1	x	x	x	1	1	x	x	5 van 5
4	Biodex	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0 van 0*
5	Bourjeily	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
6	Casaburi (Skeletal muscle function...)	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
7	Clark (Is pulmonary rehabilitation...)	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
8	Clark (Low intensity peripheral...)	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x	8 van 8
9	Engelen	1	1	1	x	x	x	1	1	x	x	5 van 5
10	European Respiratory Society	½	x	x	x	x	x	x	x	0	0	½ van 3
11	Frisiello	½	0	0	x	1	1	1	0	x	x	3½ van 7
12	Gilbertson	½	1	1	x	x	x	1	1	x	x	4½ van 5
14	Gosselink (Distribution of muscle...)	1	1	1	x	x	x	1	1	x	x	5 van 5
15	Gosselink (Revalidatie bij patiënten...)	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
16	Hamilton	½	1	0	x	1	x	1	1	x	x	4½ van 6
17	Huijbregts	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
18	Jakobsson	½	0	1	x	1	x	½	1	x	x	4 van 6
19	Jobin	1	0	1	x	1	x	1	1	x	x	5 van 6
20	Maltais	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
21	O'Donnel	1	½	1	x	1	x	1	1	x	x	5 van 6
22	Satta	1	1	1	x	1	x	1	1	x	x	6 van 6
23	Serres (Impaired skeletal muscle...)	1	1	0	x	x	x	½	1	x	x	3½ van 5
24	Serres (Skeletal muscle...)	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1 van 3
32	Heuts	1	1	0	x	x	x	½	1	x	x	3½ van 5

Figuur I.1: scoringstabel ter beoordeling van de methodologische kwaliteit van de gebruikte artikelen.

* Het betreft hier een tabel van Biodex, geen tijdschriftartikel